



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Lahti University of Applied Sciences

# MAAPERÄN JA POHJAVEDEN *IN SITU* -KUNNOSTUKSET SUOMESSA

Selvitys 2000-luvulla käytetyistä kunnostusmenetelmistä

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristöbiotekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Mona Lindfors

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

LINDFORS, MONA: Maaperän ja pohjaveden *in situ*  
-kunnostukset Suomessa  
Selvitys 2000-luvulla käytetyistä  
kunnostusmenetelmistä

Ympäristöbiotekniikan opinnäytetyö, 51 sivua, 28 liitesivua

Kevät 2013

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön kohteena ovat Suomessa 2000-luvulla tehdyissä *in situ* -kunnostuksissa käytetyt menetelmät ja niiden valintaan vaikuttaneet tekijät. Tarkoituksena oli selvittää, mitä *in situ* -kunnostusmenetelmiä Suomessa on käytetty eniten ja miksi juuri nämä menetelmät on valittu kunnostukseen.

Tutkimusaineistona käytettiin Suomen ympäristökeskukselta ja ELY-keskuksilta kerättyjä viranomaisen myöntämiä kunnostuspäätöksiä (55 kpl) ja kunnostuksesta vastaavien tekemiä loppuraportteja (49 kpl). Kaikkiaan käsiteltyjä tapauksia oli yhteensä 57 kappaletta. Kerätty aineisto järjestettiin tietokannaksi Microsoft Excel -taulukko-ohjelmalla. Lisäksi tutkimusaineistona käytettiin Webropol-ohjelmalla tehtyä kyselyä, joka lähetettiin 197:lle maankunnostuksen ammattilaiselle tai sen parissa työskentelevälle viranomaiselle. Kyselyssä pyrittiin kartoittamaan asiantuntijoiden näkemyksiä maankunnostuksesta kysymällä kunnostukseen vaikuttavista tekijöistä ja niihin liittyvistä ongelmista. Kyselyyn vastasi kaikkiaan 45 henkilöä, joista kuitenkin kaikki eivät vastanneet jokaiseen kysymykseen.

Saaduista tuloksista havaittiin, että eniten käytetyt *in situ* -kunnostusmenetelmät pilaantuneelle maaperälle olivat huokoskaasukäsittely, biostimulaatio, eristys ja kemiallinen hapetus, pilaantuneelle pohjavedelle taas pohjaveden ilmastus ja reaktiiviset seinämät. *Ex situ* -kunnostusmenetelmistä eniten pilaantuneelle maaperälle käytettiin kaatopaikkakäsittelyä ja kompostointia ja pilaantuneelle pohjavedelle pump & treat -käsittelyä. Valittujen kunnostusmenetelmien valintaan vaikuttivat eniten kohteessa havaitut saasteyhdisteet, kunnostuksen kustannukset sekä kunnostusluvan ja tiedon saatavuus menetelmästä.

Tuloksista voidaan päätellä, että Suomessa on vielä matkaa kohti optimoitua, kustannustehokasta ja kestävästä kehityksen huomioonottavaa maankunnostusprosessia. Yleinen linja oli, että ongelmat ovat selkeästi tiedossa ja edistystä tapahtuu, mutta mullistavat ratkaisut antavat vielä toistaiseksi odottaa itseään. Suurimmiksi ongelmiksi koetaan tiedon ja kokemusten puuttuminen eri menetelmistä, lupamenettelyyn liittyvät ongelmat ja puhdistustarpeen ennakoimattomuus.

Asiasanat: *in situ*, *ex situ*, kunnostusmenetelmä, kunnostuspäätös, kunnostustekniikka, loppuraportti, maan kunnostus, maaperä, PIMA, pohjavesi

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

LINDFORS, MONA:

In situ remediation for contaminated soil  
and groundwater in Finland  
Report of techniques used in the 21<sup>st</sup>  
century

Bachelor's Thesis in Environmental Biotechnology, 51 pages, 28 pages of  
appendices

Spring 2013

## ABSTRACT

---

This Bachelor's Thesis deals with soil remediation in Finland in the 21<sup>st</sup> century by using in situ purification methods. The aim of the study was to find out which in situ techniques are the most widely employed and why.

The basic data consists of 57 different cases and their documents from the Finnish Environment Institute and Centre for Economic Development, Transport and the Environment. The collected data was organized to a database with Microsoft Excel worksheet software. Additional material was acquired by a Webropol inquiry, which was sent by e-mail to 197 different Finnish soil remediation experts. The inquiry consisted of questions on problems and factors which influence today's soil remediation techniques. A total of 45 people responded to the inquiry but all of them did not respond to all of the questions.

From the collected results it can be seen that the most commonly used in situ techniques to purify contaminated soil were enhanced volatilization, biostimulation, encapsulation and chemical oxidation. In most cases contaminated groundwater was purified by using air stripping or reactive barriers. The most widely used ex situ techniques for soil were excavation and composting and for groundwater pump-and-treat techniques. When choosing a suitable purification method for soil, the crucial factors seem to be the harmful substances which caused the contamination, costs of the remediation and how easy the method is to use.

Conclusions were that in Finland there are still some problems to be resolved before the soil remediation process is cost efficient and in accordance with sustainable development. The biggest problem is lack of scientific and empirical knowledge of different in situ methods. Other problems mentioned were difficulties with license authorities and haste to get purification done.

Key words: ex situ, groundwater, in situ, in situ methods, in situ techniques, soil remediation, soil

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MAAPERÄN JA POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUS SUOMESSA	3
2.1	Lainsäädäntö	5
2.2	MATTI-rekisteri	6
3	PILAANTUMISEN SYYT JA PILAAVAT AINEET	7
3.1	Pilaantumista aiheuttava toiminta	7
3.1.1	Polttoaineen jakelu	7
3.1.2	Kemikaalikuljetukset	8
3.1.3	Lämmitysöljysäiliöt	8
3.2	Pilaavat aineet	9
3.2.1	Öljyhiilivedyt ja BTEX	9
3.2.2	PAH eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt	10
3.2.3	Metallit ja puolimetallit	11
3.2.4	PCB eli polyklooratut bifenyylit	11
3.2.5	Torjunta-aineet	12
3.2.6	Klooratut liuottimet ja kloorifenolit	12
3.2.7	Dioksiinit ja furaanit	13
3.2.8	Syanidi	13
4	KUNNOSTUSPROSESSI	14
5	TIEDON KERÄÄMINEN JA TYÖSTÄMINEN	18
5.1	Kysely	18
5.2	Tietokanta	19
6	TULOKSET	26
6.1	Kyselyn tulokset	26
6.1.1	Vastaajien toimiala ja yleiskatsaus kunnostusmenetelmien käyttöön	27
6.1.2	Syyt eri kunnostusmenetelmien suosimiseen ja välttämiseen	30
6.1.3	Avoimet vastaukset	35
6.2	Tietokannan tulokset	37
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
8	YHTEENVETO	43

LÄHTEET

47

LIITTEET

52

## SANASTO

BTEX	Yhdisteryhmä sisältäen bentseenin, tolueenin, etyylibentseenin ja ksyleenit
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
<i>Ex situ</i>	Pilaantuneet maamassat kaivetaan ja toimitetaan muualle käsiteltäväksi tai sijoitettavaksi
Halogeeni	Jaksollisen järjestelmän 7. pääryhmään kuuluva alkuaine (F, Cl, Br, I ja At)
<i>In situ</i>	Kunnostuskohteessa tehtävä kunnostuskäsittely, jossa maata ei tarvitse kaivaa
Karsinogeeni	Syöpää aiheuttava
Katalyytti	Kemiallista reaktiota nopeuttava aine
<i>On site</i>	Kunnostuskohteessa tehtävä käsittely, jossa pilaantuneet maamassat kaivetaan ja käsitellään, jonka jälkeen ne voidaan laittaa takaisin maaperään
Pohjavesi	Maa- ja kallioperään suotautunut ja varastoitunut vesi, joka on peräisin sateesta ja lumen sulamisvesistä
SYKE	Suomen ympäristökeskus

# 1 JOHDANTO

Suomessa kunnostetaan vuosittain satoja pilaantuneita maa-alueita.

Puhdistettavien alueiden koot ja pilaantumista aiheuttavat aineet vaihtelevat yksittäisen omakotitalon lämmitysöljysäiliön vuotamisesta teollisuusalueiden jopa tuhansia neliömetrejä kattaviin liuotin- tai raskasmetallipilaantumiin. Maan pilaantuneisuus on riippuvainen pilaavan aineen ominaisuuksista ja kohteen maaperäolosuhteista, lisäksi pilaantumiseen vaikuttaa se, kuinka kauan pilaantumista on kyseisessä kohteessa tapahtunut.

Suomessa pilaantunutta maaperää kunnostetaan useimmiten massanvaihdoilla eli pilaantunut maaperä kaivetaan pois ja tilalle tuodaan puhdasta maata.

Massanvaihto on varma ja nopea tapa hoitaa pilaantuneiden alueiden kunnostus, mutta se on kestävä kehityksen kannalta ongelmallinen. Pois kaivettu, pilaantunut maa on edelleen pilaantunutta eli pilaantuneisuus ei häviä kaivamalla ja lisäksi puhtaan maan tuominen tilalle tarkoittaa neitseellisen maa-aineksen kaivamista jostain muualta. Likaisten ja puhtaiden maiden kuljettaminen pitkiä matkoja kuorma-autoilla ei myöskään ole ekotehokasta. Kunnostettavassa kohteessa saattaa myös olla rajoitteita kaivamiselle, esimerkiksi maanalaiset putket ja kaapelit.

Massanvaihtoa ekologisempia ja edullisempia kunnostusmenetelmiä ovat *in situ* -kunnostusmenetelmät, joissa pilaantunut maaperä tai pohjavesi kunnostetaan paikan päällä. *In situ* -tekniikat hyödyntävät kunnostuksessa haitta-aineiden tai maaperän kemiallisia, fysikaalisia ja biologisia ominaisuuksia, jolloin kunnostettavassa kohteessa ei tarvitse suorittaa suuria kaivuutoimenpiteitä ja kunnostaminen on mahdollisimman luonnonmukaista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä *in situ*

-kunnostusmenetelmiä Suomessa käytetään pilaantuneelle maaperälle ja pohjavedelle ja miksi juuri nämä kunnostusmenetelmät ovat suosittuja.

Opinnäytetyön konkreettiset tuotokset on Microsoft Excel -taulukko-ohjelmalla tehty tietokanta Suomessa tehdyistä *in situ* -kunnostuksista ja Webropol-ohjelmalla sähköpostitse toteutettu kysely maankunnostuksen ammattilaisille ja

sen parissa työskenteleville henkilöille. Excel-taulukkoon viitattaessa käytetään tästä eteenpäin termiä tietokanta ja Webropol-kyselyyn termiä kysely.

Alustavaa työtä opinnäytetyöhön oli jo tehtynä niin kyselyä kuin tietokantaakin varten. Kyselyn ulkoasun ja sisällön muokkaaminen sekä varsinainen lähettäminen, tulosten analysointi ja raportointi olivat osa tätä opinnäytetyötä. Toinen osa eli *in situ* -kunnostuksista tehtävä tietokanta oli niin ikään jo alustavasti työstettynä. Tämän opinnäytetyön aikana tietokantaan lisättiin tietoja eri ELY-keskusten kunnostuspäätöksistä ja loppuraporteista sekä jäsenneltiin ja analysoitiin taulukosta saatuja tietoja, jotka sitten yhdessä kyselyn kanssa muodostivat tehdyt johtopäätökset ja vastauksen tutkimuskysymykseen.

Opinnäytetyö on tehty osana Helsingin yliopiston ja virolaisen National Institute of Chemical Physics and Biophysics tutkimusinstituutin vetämää yhteistyöprojekti RIMA:a. RIMA tulee sanoista Risk Management and Remediation of Chemical Accidents ja projekti keskittyy kemikaalionnettomuuksien riskinhallintaan ja saastuneiden alueiden kunnostamiseen.



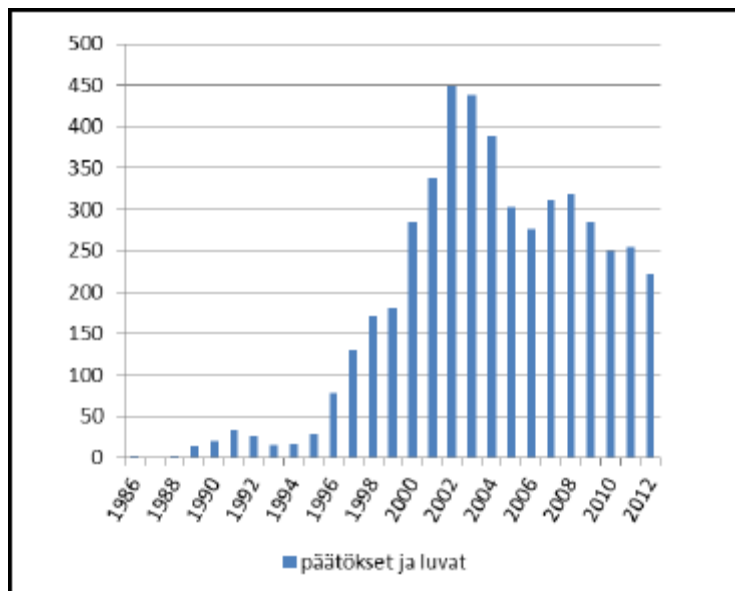
## 2 MAAPERÄN JA POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUS SUOMESSA

Suomessa on pohjavettä lähes kaikilla alueilla (Suomen ympäristökeskus 2012), jolloin maaperän ja pohjaveden pilaantuminen kulkevat usein käsi kädessä.

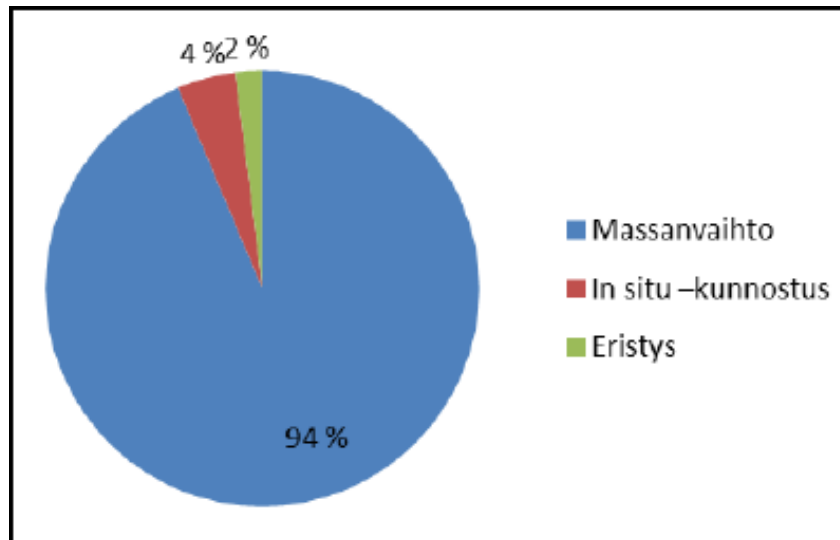
Suomen ympäristökeskus määrittelee Internet-sivuillaan maaperän pilaantumisen syitä ja esiintymistä Suomessa käsittelevässä artikkelissaan maaperän pilaantumisen seuraavasti:

*Maaperää pidetään pilaantuneena, kun siihen ihmisen toiminnan seurauksena päässeet aineet voivat aiheuttaa haittaa ihmisen terveydelle tai luonnolle, vähentää ympäristön viihtyisyyttä tai käyttöarvoa tai muuten loukata yleistä tai yksityistä etua (Suomen ympäristökeskus 2011b).*

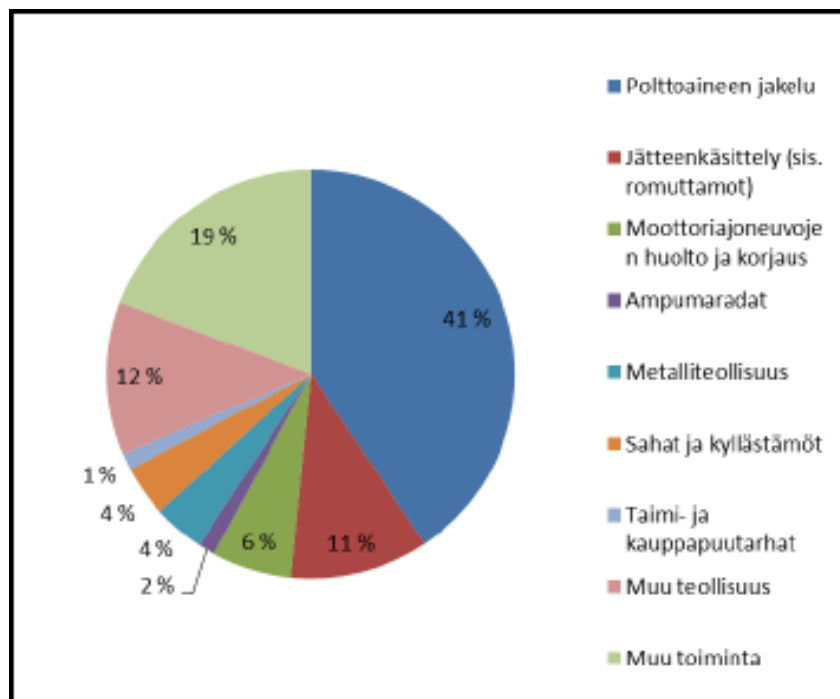
Suomessa kunnostetaan vuosittain 250 - 450 kohdetta. Maan kunnostaminen on Suomessa melko tuore ilmiö ja kunnostuspäätöksiä on tehty ja käsitelty eniten 2000-luvun alussa (kuvio 1). Tyypillisimmät syyt siihen, miksi maata kunnostetaan, ovat maankäytön muutos, kaivuun ja rakennustyöt sekä terveystriskit. Yleisin kunnostusmenetelmä taas näyttää olevan massanvaihto (kuvio 2). (Pyy 2013b.) Suomessa tavallisin maa-alueiden pilaantumista aiheuttava toimiala on polttoaineenjakelu (kuvio 3) ja yleisin pilaantumista aiheuttava haitta-aine taas öljyhiilivedyt (kuvio 4).



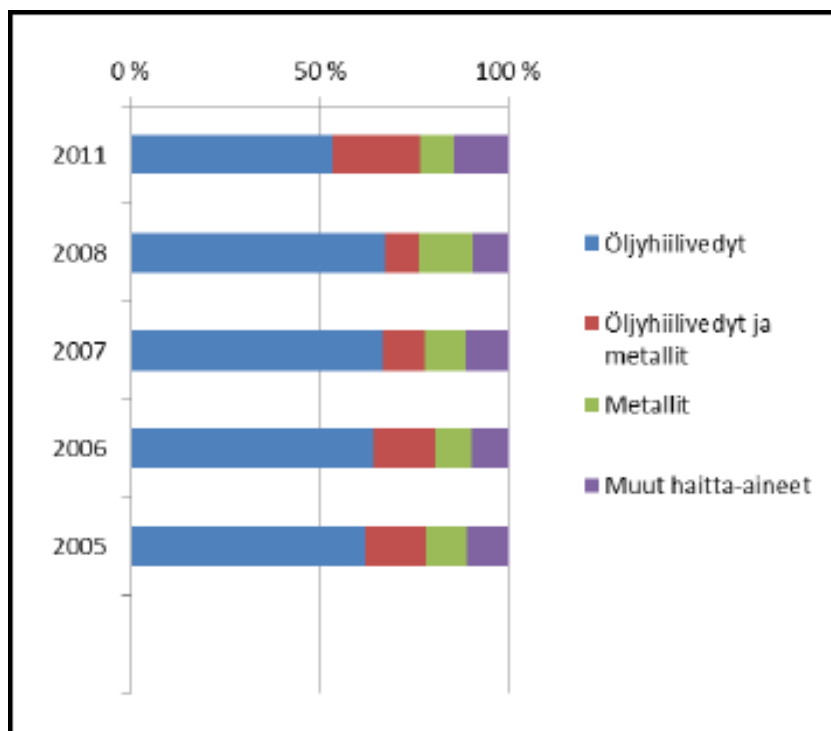
KUVIO 1. Tehdyt kunnostuspäätökset ja luvat vuosina 1986 - 2012 (Pyy 2013b)



KUVIO 2. Pilaantuneiden alueiden ja maa-ainesten käsittelymenetelmät (Pyy 2013b)



KUVIO 3. Kunnostetut kohteet pilaantumisen aiheuttaneen toimialan mukaan (Pyy 2013b)



KUVIO 4. Maaperän pilaantumista aiheuttaneiden haitta-aineiden osuudet vuosina 2005 - 2011 (Pyy 2013b)

## 2.1 Lainsäädäntö

Maankunnostuksen kannalta tärkeimmät lait ovat ympäristönsuojelulaki (2000/86) ja valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007). Valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007) kaikille yleisimmille maaperää pilaaville aineille on määritetty kynnysarvo, alempi ohjearvo ja ylempi ohjearvo. Nämä arvot määrittelevät alueen pilaantuneisuuden, puhdistustarpeen ja mahdollisen puhdistuksen tavoitearvot.

Kynnysarvo on se arvo, jonka ylittämisen seurauksena maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Metallit ja puolimetallit -ryhmään kuuluville alkuaineille on asetettu hyväksyttävät luontaiset pitoisuudet, koska näitä aineita esiintyy maaperässä myös luonnostaan. Mikäli maaperän taustapitoisuus jonkin metallin tai puolimetallin kohdalla on asetettua kynnysarvoa korkeampi, käytetään kohteen taustapitoisuutta kynnysarvona.

Teollisuus-, varasto-, liikenne- tai muun vastaavan alueen maaperää pidetään pilaantuneena, kun yksi tai useampi VNA (214/2007) liitteessä pilaavaksi

luokiteltu aine ylittää ylemmän ohjearvon. Muilla kuin edellä mainituilla alueilla, esim. kaupunki- ja asuinalueilla, maaperää pidetään pilaantuneena, kun edellä mainitun liitteen yksi tai useampi haitta-aine ylittää alemman ohjearvon.

## 2.2 MATTI-rekisteri

Maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI) on kerätty 1980-luvun lopulta alkaen tietoja sellaisista kohteista, joilla harjoitettu toiminta on saattanut aiheuttaa riskin maaperän pilaantumisesta. Rekisteriä täydentävät ja ylläpitävät ELY-keskukset niin, että kukin ELY-keskus vastaa oman toimialueensa tiedoista. Rekisteriin on kerätty tietoja mm. kohteiden tarkoista sijainneista, maa- ja vesiolosuhteista, kohteella harjoitetuista toiminnoista ja niihin liittyvistä haitta-aineista sekä alueella tehdyistä tutkimuksista ja kunnostuksista. (Silvola 2012.) MATTI-rekisterissä oli 12.2.2013 yhteensä 23 850 kohdetta eri ELY-keskusten alueilta; tiedot kuitenkin poikkeavat reaaliaikaisesta tilanteesta viranomaisten resurssien puutteen vuoksi (Pyy 2013b).

### 3 PILAANTUMISEN SYYT JA PILAAVAT AINEET

#### 3.1 Pilaantumista aiheuttava toiminta

Maaperän ja pohjaveden pilaantumisen katsotaan usein aiheutuvan ihmisen harjoittaman toiminnan seurauksena. Yleisimpiä pilaantumisen aiheuttajia ovat pilaantuneella alueella pitkään jatkunut polttoaineen jakelu, teollinen toiminta, jätteiden sijoitus alueelle ja erilaiset onnettomuudet.

Erilaiset ympäristövahingot aiheutuvat enimmäkseen erilaisista työskentelyyn liittyvistä inhimillisistä virheistä ja teknisistä tai rakenteellisista vioista käytettävässä laitteistossa. Ilkivaltaa ja tahallisesti aiheutettuja ympäristövahinkoja tapahtuu myös jonkin verran. (Alaja 2007, 19 - 20.)

##### 3.1.1 Polttoaineen jakelu

Polttoaineen jakelua on harjoitettu Suomessa useita vuosikymmeniä ja se on yksi merkittävimmistä maaperän ja pohjaveden pilaantumista aiheuttavista toimialoista. Polttoainetta päätyy huoltoasemilta maaperään ja siitä mahdollisesti pohjaveteen pitkäaikaisen toiminnan seurauksena. Maaperän pilaantumista huoltoasemilla aiheuttavat alueella harjoitettu tiheä liikennöinti ja puutteelliset polttoainejakelupisteiden suojaukset. Esimerkiksi jos tankkauspistettä ei ole suojattu katoksella, voi maahan päätynyt polttoaine kulkeutua maaperään sadevesien mukana tai jos maanalaisia säiliöitä ei ole kunnolla suojattu, voi säiliöiden rikkoontuminen aiheuttaa suurta vahinkoa pohjavesialueella.

Jakeluasemat, joiden polttoainesäiliöiden kokonaistilavuus on vähintään 10 m<sup>3</sup>, voidaan rekisteröidä ympäristösuojelun tietojärjestelmään. Nykyään polttoaineen jakelutoimintaa rekisteröivät ja valvovat kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset. (Ympäristöhallinto 2013.) Suomessa toimi vuoden 2012 tilastotietojen mukaan päätoimisesti 1892 suurten ketjujen huoltoasemaa, joilla harjoitettiin polttoaineen jakelua. Näiden asemien lisäksi on vielä muita polttoaineen jakelupisteitä ja kesäisin toimivia venesatamia. (Öljyalan Keskusliitto 2013a.) Suomessa erilaisia öljytuotteita myytiin vuonna 2012 yhteensä noin 8 miljoonaa tonnia, josta erilaisia polttoöljyjä oli noin 6,2 miljoonaa tonnia (Öljyalan Keskusliitto 2013c).

### 3.1.2 Kemikaalikuljetukset

Erilaiset kemikaalikuljetukset ja niihin liittyvät onnettomuudet ovat potentiaalisia aiheuttamaan maan ja pohjaveden pilaantumista. Vaaralliseksi luokiteltuja aineita kuljetettiin Suomen maanteilla ja rautateilla vuonna 2007 yhteensä 15,1 miljoonaa tonnia, ja keskimääräinen kuljetusmatka maanteilla oli 174 kilometriä. (Häkkinen 2009, 14). Eniten kuljetetaan öljytuotteita ja liuottimia (Häkkinen, Kiiski, Malk, Myyrä & Penttinen 2010, 12). Tyypillinen kuljetusonnettomuus aiheutuu säiliöauton tai rautatievaunun kaatumisesta, jonka seurauksena rikkoutuneesta säiliöstä valuu kuljetettavaa kemikaalia ympäristöön (Seppälä & Väättäinen 1995, Häkkisen ym. 2010, 24 mukaan).

### 3.1.3 Lämmitysöljysäiliöt

Öljylämmitys yleistyi lämmitysmuotona 1960- ja 70 -luvulla (Pasanen 2004). Tänä päivänä Suomessa on yli 300 000 lämmitysöljysäiliötä (Öljyalan Keskusliitto 2013b). Lämmitysöljysäiliöt kuluvat ajan myötä, mutta myös esimerkiksi happaman maaperän vaikutuksesta. Maaperän pilaantumista voivat aiheuttaa rikkoutuneen lämmitysöljysäiliön tai säiliön putkien vuodot ja mahdolliset ylitäytöt. Vuonna 2003 pelkästään Uudenmaan ympäristökeskuksen alueella todettiin 750 öljyvahinkoa, joista 32 koski omakotitaloja. (Pasanen 2004.)

Vuosina 2000 - 2002 toteutetun lämmitysöljyn varastoinnin turvallisuuteen keskittyneen Cisteri-projektin seurauksena säiliöautojen kuljettajat ovat alkaneet raporttoimaan asiakkailleen öljyn toimituksen yhteydessä havaitsemistaan puutteista lämmitysöljysäiliössä. Puutteita havaittiin vuoden sisällä 3 370 kohteessa. Yleisimmät puutteet säiliöissä ovat vialliset tai kokonaan puuttuvat ylitäytön estimet. (Pasanen 2004.)

### 3.2 Pilaavat aineet

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007 -liitteessä pilaavat aineet on jaoteltu seuraavasti:

- metallit ja puolimetallit
- muut epäorgaaniset (syanidi)
- aromaattiset hiilivedyt
- polyaromaattiset hiilivedyt
- polyklooratut bifenyylit (PCB) sekä polyklooratut dibentso p-dioksiinit ja furaanit (PCDD/F)
- klooratut alifaattiset hiilivedyt
- klooribentseenit
- kloorifenolit
- torjunta-aineet ja biosidit ja
- öljyhiilivetyjakeet ja oksygenaatit.

Seuraavassa esitellään joidenkin yleisimpien maata ja pohjavettä pilaavien aineiden mahdollisia päästölähteitä ja pitkäaikaisen altistumisen haittavaikutuksia. On hyvä muistaa, että kaikki altistuminen on riippuvaista yksilöstä ja olosuhteista, ja että pilaavilla aineilla on useita erilaisia käyttötapoja ja -kohteita.

#### 3.2.1 Öljyhiilivedyt ja BTEX

Öljyhiilivetyjä ja BTEX-yhdisteitä käytetään erityisesti polttoaineissa, kuten bensiinissä ja lämmitysöljyssä. Öljyhiilivedyt lajitellaan eli fraktioidaan usein kolmeen eri luokkaan sen perusteella, kuinka pitkiä hiiliketjuja ne sisältävät. Nämä luokat ovat seuraavat:

- helposti haihtuvat ja kevyet jakeet C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>
- keskiraskaat jakeet C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> ja
- raskaat jakeet C<sub>21</sub>-C<sub>40</sub>.

Mitä enemmän hiiltä, sitä raskaampi hiilivety on kyseessä. Joskus ollaan kiinnostuneita myös pilaantuneen alueen kokonaishiilivetypitoisuudesta, jolloin

mitataan öljyhiilivetyjakeita väliltä  $C_{10}$  -  $C_{40}$ . Helposti haihtuvia öljyhiilivetyjä todetaan yleensä alueilla, jotka ovat pilaantuneet polttoaineen jakelun seurauksena. Keskiraskaita ja raskaita jakeita taas löytyy alueilta, jotka ovat pilaantuneet raskaan teollisuuden tai esimerkiksi taloyhtiön lämmitysöljysäiliön vuodon takia.

Bentseeniä käytetään esimerkiksi moottoribensiinissä, kivihiilitervassa ja monissa kemiallisissa synteeseissä (Työterveyslaitos 2011a). Bentseeni luokitellaan karsinogeeniksi, ja pitkäaikaisen altistumisen seurauksena voi olla luuydinvaurioita (Antila, Karppinen, Leskelä, Mölsä & Pohjakallio 2009, 279), hermoston vahingoittumista ja ihon oireilua (Työterveyslaitos 2011a).

Tolueenia on liuottimena ja ohenteena esimerkiksi maaleissa ja lakoissa ja sitä tarvitaan myös orgaanisiin synteeseihin. Tolueeni luokitellaan Suomessa kauttakulkukemikaaliksi, minkä perusteella se voi aiheuttaa maaperän pilaantumisen esimerkiksi tieliikenneonnettomuuden seurauksena. Tolueeni voi kulkeutua pohjaveteen, ja se on myrkyllistä vesieliöille. Ihokosketus voi aiheuttaa ärsytysihottumaa, ja jatkuvasta altistumisesta tolueenihöyryille voi seurata kroonisia aivot toiminnan häiriöitä. (Työterveyslaitos 2011c.)

Pitkäaikainen altistuminen etyylibentseenille voi aiheuttaa munuaisten ja maksan vajaatoimintaa. Ainetta epäillään myös karsinogeeniksi. Etyylibentseeniä ei saa päästää ympäristöön, sillä sen tiedetään vahingoittavan ainakin vesieliöitä. (Työterveyslaitos 2008.)

Ksyleenit ovat kauttakulkukemikaali Suomessa, mutta niitä käytetään myös torjunta-aineiden valmistuksessa, kumi- ja nahkateollisuudessa sekä liuottimena ja ohentimena mm. maaleissa ja lakoissa. Haittavaikutukset ihmiseen ja ympäristöön ovat samat kuin tolueenilla. (Työterveyslaitos 2011b.)

### 3.2.2 PAH eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt

PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisessä palamisessa esimerkiksi moottoriliikenteestä tai kun poltetaan jätettä, turvetta, puuta tai kivihiiltä (Rantalainen 2007, 70; Hallikainen ym. 2010, 86). Monet PAH-yhdisteistä ovat karsinogeenia, ja ihmisen altistuminen PAH-yhdisteille tapahtuu usein



tupakoinnin, työympäristön (Työterveyslaitos 2010) tai joidenkin elintarvikkeiden (Hallikainen ym. 2010, 86) välityksellä. PAH-yhdisteitä löytyy maaperästä esimerkiksi kreosootilla pilaantuneilta alueilta.

### 3.2.3 Metallit ja puolimetallit

Erilaisia metalleja ja puolimetalleja käytetään laajasti eri teollisuuden aloilla. Tarkastellaan esimerkiksi metalleista elohopeaa ja puolimetalleista arseenia. Elohopean potentiaalisia päästölähteitä ovat esimerkiksi elohopeayhdisteitä käyttävä teollisuus ja kivihiilen poltto (Hallikainen ym. 2010, 20). Elohopean haittavaikutuksia ihmiselle ovat mm. aivo-, munuais-, suolisto- (Antila ym. 2009, 347), hermosto- ja sikiövauriot. Ympäristöön joutuessaan elohopea metyloituu bakteerien vaikutuksesta metyylielohopeaksi, joka on kertyvä ja siten haitallinen niin ihmisille kuin muillekin eliöille. (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2013b.) Arseenia käytetään mm. puun suolakyllästyksessä ja elektroniikkakomponenttien valmistuksessa. Arseenia esiintyy myös epäpuhtautena esim. kivihiilessä, öljyssä, turpeessa ja kupari- ja nikkelimalmeissa. Arseeni on yhdistetty syöpäriskin kasvamiseen. (Hallikainen ym. 2010, 24 - 25.)

### 3.2.4 PCB eli polyklooratut bifenyyli

PCB:tä on käytetty laajasti teollisuusmaissa eri tarkoituksiin (Rantalainen 2007, 69; Ositum 2013), esimerkkinä PCB:n käyttö 1920 - 1980 välisenä aikana hydraulisissa laitteissa ja elementtitalojen saumausaineissa (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2013a). Muita päästölähteitä ovat jätteenpoltto sekä aikoinaan tapahtuneet onnettomuudet ja vuodot (Rantalainen 2007, 69), joiden seurauksena alueen PCB-pitoisuuksien nousut ovat edelleenkin havaittavissa (Rantalainen 2007, 69; Hämeenlinnan kaupunki 2012; Vanajavesikeskus 2013). Suurille PCB määrille altistuminen lisää syöpä- ja kehityshäiriöiden riskiä (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2013). Ympäristössä PCB:tä on kertynyt haitallisia määriä esimerkiksi Itämeren silakoihin ja hylkeisiin (Rantalainen 2007, 69; Haahti & Pikkarainen 2013), mikä kertoo aineen hitaasta hajoavuudesta ja biorikastuvuudesta.

### 3.2.5 Torjunta-aineet

Päästölähteitä ovat maa- ja metsätalous, puu- ja taimitarhat tai kotitaloudet, joissa käytetään torjunta-aineita pihan rikkakasvien ja tuhoeläinten torjumiseen.

Torjunta-aineet voivat vaikuttaa keskushermostoon ja hormonitoimintaan. Ne ovat myös mahdollisesti karsinogeenisiä. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2013c.)

Torjunta-aineiden massiivisen käytön seurauksella voi olla vakaviakin vaikutuksia ympäristöön, koska ongelmat eivät useinkaan jää paikallisiksi, vaan ne vaikuttavat koko ekosysteemiin maailmanlaajuisesti. Esimerkiksi hyönteismyrkkinä käytettävä lindaani on haihtuva, mutta pysyvä yhdiste, jolloin se voi levitä kauaskin alkuperäisestä käyttöpaikastaan. Suomessakin on havaittu jäämiä torjunta-aineista, joita ei ole koskaan edes käytetty Pohjoismaissa. Pahimmillaan torjunta-aineiden käyttö on aiheuttanut petolintujen munien kuorien ohenemista, joka on saattanut johtaa kantojen pienenemiseen. (Rantalainen 2007, 66 - 67; Suomen ympäristökeskus 2009.)

### 3.2.6 Klooratut liuottimet ja kloorifenolit

Kloorattuja liuottimia ovat esimerkiksi metyleenikloridi, kloroformi ja hiilitetrakloridi, joita voidaan käyttää rasvan liuottamiseen. Tri- ja tetrakloorimetaani ovat syöpää aiheuttavia aineita. (Antila ym. 2009, 282.)

Kloorattuja liuottimia käytetään teollisuudessa, josta ne pitkäaikaisen toiminnan tai onnettomuuden seurauksena saattavat päätyä ympäristöön.

Kloorifenoleja muodostuu puuta poltettaessa, mutta suurin osa haitallisista kloorifenoleista on peräisin mm. puutavaran sinistymistä ja lahoamista ehkäisevistä aineista (Rantalainen 2007, 67; Rautio 2007), joita on käytetty esimerkiksi sahoilla. Kloorifenolit rikastuvat jonkin verran ravintoketjussa ja ympäristöön päästessään biometyloituvat metyylietteereiksi, jotka ovat pysyvämpiä ja rasvakudokseen kertyviä yhdisteitä (Rantalainen 2007, 68).

### 3.2.7 Dioksiinit ja furaanit

Dioksiineja ja furaaneja syntyy jätteenpoltosta sekä metalli-, puu- ja paperiteollisuudesta. Suurina määrinä ne aiheuttavat klooriaknea ja lisäävät syöpä- ja kehityshäiriöiden riskiä. (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2013a.) Dioksiinien on myös todettu aiheuttavan sisäelinvaurioita. Sekä dioksiinit että furaanit ovat pysyviä ja kertyviä ja erittäin myrkyllisiä vesieliöille. (Suomen ympäristökeskus 2011a.)

### 3.2.8 Syanidi

Syanidia käytetään erityisesti malmi- ja metalliteollisuudessa, mutta myös joissain hyönteismyrkyissä, desinfiointiaineissa ja väriaineiden valmistuksessa (Työterveyslaitos 2012). Haittavaikutuksena voidaan mainita syanidin vaikutus kudosten hapenotto- ja entsyymien reaktioita (Antila ym. 2009, 346 - 347). Syanidi hajoaa huonosti, eikä se sitoudu maa-ainekseen, minkä vuoksi se voi kulkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa siten pohjaveden pilaantumista (Työterveyslaitos 2012).

#### 4 KUNNOSTUSPROSESSI

Pilaantuneen kohteen kunnostuksessa toimii neljä päätekijää, jotka ovat tilaaja, urakoitsija, riippumaton laadunvalvoja ja viranomainen. Päätekijöiden lisäksi prosessissa on usein mukana eri tahojen alihankkijoita ja muita viranomaisia, esimerkiksi työsuojeluviranomaiset. (Eskola, Laaksonen, Mroueh, Mäkelä, Pasanen, Vahanne & Wahlström 2004, 28.) Taulukossa 1 on esimerkki maankunnostusprosessin etenemisestä ja siitä, mikä taho vastaa mistäkin osa-alueesta.

Ympäristönsuojelulain mukaan pilaantuneen alueen puhdistusvastuu on pilaajalla tai kiinteistön omistajalla. Jos tilaaja, joka usein on puhdistettavan kiinteistön omistaja ja mahdollisesti myös pilaantuneisuuden aiheuttaja, kuitenkin katsoo, etteivät hänen tietonsa ja taitonsa riitä kunnostettavan alueen puhdistustoimenpiteisiin, voi hän halutessaan siirtää projektivastuun jollekin toiselle taholle, jolla on kokemusta maankunnostamisesta, esimerkiksi konsultointiyritykselle. (Eskola ym. 2004, 28.)

Tilaajan keskeisimpiä tehtäviä kunnostusprosessin kannalta ovat (Eskola ym. 2004, 25, 27, 29.):

- tarvittavien lupien hankkiminen
- pilaantuneisuustutkimukset
- suunnittelijan ja riippumattomien laadunvalvojien valinta
- yleis- ja kunnostussuunnitelmat
- urakkatarjouspyyntö, urakoitsijan valinta ja urakkasopimuksen tekeminen
- kunnostustyön laadunvalvonta ja raportointi
- jälkiseuranta.

Edellä mainittujen lisäksi tilaaja vastaa projektikokonaisuuden hallinnasta kunnostuksen kaikissa vaiheissa (Eskola ym. 2004, 31). Urakoitsijan rooli puolestaan painottuu varsinaisen kunnostuksen kannalta olennaisiin asioihin ja urakan toteuttamiseen (Eskola ym. 2004, 32).

Riippumatonta laadunvalvojaa käytetään tapauskohtaisesti. Riippumattoman laadunvalvojan tehtäviin voivat kuulua esimerkiksi osallistuminen

yleissuunnitelman tekemiseen ja pilaantuneisuustutkimusten suunnitteluun ja valvontaan. Kunnostusurakan valvontaan valitun riippumattoman laadunvalvojan tehtäviin kuuluvat mm. osallistuminen kunnostussuunnitelman ja urakkatarjouspyynnön tekemiseen sekä urakoitsijan valintaan. Yhdessä urakoitsijan kanssa riippumaton laadunvalvoja laatii toteutussuunnitelman, osallistuu mahdollisten maaperän suojausrakenteiden ja koekentän rakentamiseen ja koekentällä suoritettavien ennakkokokeiden suunnitteluun ja tekemiseen. Kunnostustyön aikana riippumaton laadunvalvoja on mukana tekemässä aloitusilmoitusta ja voi tilaajan sijasta toimia kunnostustyön laadunvalvojana ja raportijana. (Eskola ym. 2004, 27.)

Viranomaisen tehtävänä on osallistua kunnostusta koskeviin neuvotteluihin ja ohjata kunnostusta lupaehdot täyttävään suuntaan. Viranomainen päättää lupaehdoista, ja ne määräytyvät tilaajan tekemän yleissuunnitelman perusteella. Viranomainen osallistuu myös kunnostustyön laadunvalvontaan, tuloksen hyväksyttävyyden arviointiin ja kunnostettavalla alueella mahdollisesti toteutettavan jälkiseurannan valvontaan. (Eskola ym. 2004, 28, 34.)

Kunnostukseen liittyvät tärkeimmät asiakirjat ovat kunnostuspäätös, loppuraportti ja viranomaisen antama lausunto tilaajan tekemästä loppuraportista.

Kunnostuspäätös eli ympäristösuojelulain mukainen päätös on viranomaisen vastine tilaajan tekemään kunnostussuunnitelmaan. Kunnostussuunnitelmassa tilaaja kertoo esimerkiksi alueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteista, alueen pilaantumisen aiheuttaneista toiminnoista ja haitta-aineista, aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista sekä siitä, miten ja millä kunnostusmenetelmillä pilaantunut maaperä tai pohjavesi aiotaan kunnostaa, ja millä aikataululla.

Kunnostuspäätöksessä on esitelty lyhyesti tilaajan tekemä kunnostussuunnitelma ja viranomaisen sanelemat ehdot kunnostuksen toteuttamiselle.

Tilaaja tekee pilaantuneen alueen kunnostuksesta loppuraportin kun se katsoo kunnostuksen olevan valmis ja täyttävän viranomaisen kanssa sovitut lupaehdot. Loppuraportissa käydään läpi kunnostuksen lähtötilanne, lopputulos ja kunnostuksen aikana havaitut ongelmat. Loppuraportti toimitetaan luettavaksi viranomaiselle, joka pyydettyäessä antaa loppuraportista viranomaislausunnon. Viranomaisen tekemä lausunto ei siis ole pakollinen, mutta se toimii eräänlaisena

takeena kunnostuksen onnistumisesta maa-alueen omistajalle tai puhdistuksen tilaajalle. Kuviossa 5 on esitelty lyhyesti pilaantuneen maa-alueen kunnostamisen vaiheet sekä se, missä vaiheessa kunnostusprosessia kunnostuspäätös ja loppuraportti tehdään.



KUVIO 5. Pilaantuneen maa-alueen kunnostamisen vaiheet (Alanko & Järvinen 2001, 10)

TAULUKKO 1. Esimerkki maankunnostusprosessin vaiheista ja vastaavista tahoista (Eskola ym. 2004, 25, 27, 29 - 34)

Tehtävä/Asiakirja	Tilaaja	Urakoitsija	Riippumaton laadunvalvoja	Viranomainen
Hankepäättös	x			
Hankesuunnitelma	x			
Riippumattoman laadunvalvojan valinta	x			
Yleissuunnitelma	x		x	
Pilaantuneisuustutkimukset	x		x	
Lupahakemus tai ilmoitus pilaantuneen maaperän puhdistamisesta	x			
Viranomaisen päätös lupahakemukseen tai ilmoitukseen				x
Suunnittelijan valinta	x			
Riippumattoman laadunvalvojan valinta kunnostusurakan valvontaan	x			
Kunnostussuunnitelma	x		x	
Urakkatarjouspyyntö	x		x	
Urakkatarjous		x		
Urakoitsijan valinta	x		x	
Urakkasopimus	x	x		
Toteutussuunnitelma		x	x	
Ennakkokokeet		x	x	
Koekentän rakentaminen		x	x	
Maaperän suojausrakenteet		x	x	
Aloituseroitus		x	x	
Kunnostustyö		x		
Kunnostustyön laadunvalvonta ja raportointi	x	x	x	x
Korjaustoimenpiteet tarvittaessa		x		
Tuloksen hyväksyttävyyden arviointi	x			x
Tarvittaessa jälkikorjaustoimenpiteet		x		
Loppuraportointi	x	x	x	
Jälkiseuranta	x			x

## 5 TIEDON KERÄÄMINEN JA TYÖSTÄMINEN

### 5.1 Kysely

Tiedon kerääminen aloitettiin tekemällä kysely Webropol-ohjelmalla. Aikaisemmin tehtyä kyselyluonnosta työstettiin, jotta kysely saataisiin hiottua mahdollisimman käyttäjäystävälliseen muotoon. Testiryhmänä toimi RIMA-projektissa työskentelevät henkilöt, jotka antoivat kyselyyn parannusehdotuksia. Kyselyn kysymykset, kysymysmuodot ja vastausvaihtoehdot valikoituivat testikyselyiden kautta.

Myös lista henkilöistä, joille kysely lähetettiin, oli pitkälti valmiina. Kyselyn työstön aikana listaan lisättiin uusia nimiä, mikäli sopivia sellaisia löydettiin Internetistä tai niistä saatiin tietoa muilta maankunnostuksen parissa työskenteleviltä henkilöiltä. Testikyselyiden jälkeen valmis kysely (liite 1) lähetettiin helmi-maaliskuun 2013 aikana yhteensä 197 henkilölle, joiden joukossa oli konsultteja, urakoitsijoita, viranomaisia ja muita maan tai pohjaven kunnostuksen parissa työskenteleviä (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Kyselyyn vastanneiden määrät toimialoittain ja vastausprosentit

	Lähetetyt	Vastanneet	Vastausprosentti
Yritykset	106	32	30 %
Tutkijat	9	1	11 %
Viranomaiset	75	13	17 %
Valtion ympäristöhallinto	7	1	14 %
Yhteensä	197	47	24 %



## 5.2 Tietokanta

*In situ* -menetelmillä toteutettuja maaperän ja pohjaveden kunnostuksiin liittyviä päätöksiä oli etsitty ja syötetty tietokantaan jo ennen opinnäytetyöprojektia. Työtä jatkettiin tekemällä tietokantaan täydennyksiä uusien löydettyjen kunnostuspäätösten sekä niin uusien kuin vanhojenkin kunnostuspäätöksiin liittyvien loppuraporttien osalta.

Kunnostuspäätökset ovat julkista tietoa, ja käytännössä niiden etsintä toteutettiin käymällä läpi eri ELY-keskusten Internet-sivuilta löytyviä kunnostuspäätöksiä vuosilta 2000 - 2012, joista poimittiin ne tapaukset, joissa oli maininta kohteen kunnostamisesta jollain *in situ* -menetelmällä. Suomen ympäristökeskus oli aikaisemmin kerännyt yleisesti tietoa maaperän kunnostuksista ja osa läpikäydyistä kunnostuspäätöksistä olikin suoraan SYKE:ltä saatua.

Jokaisesta maankunnostuskohteesta tehdään loppuraportti, jossa raportoidaan kunnostuksen toteutus, ongelmat ja lopputulos. Valittuihin kunnostuspäätöksiin kerättiin loppuraportteja kunnostuspäätösten diaarinumeroiden perusteella ottamalla yhteyttä kunnostettavan alueen ELY-keskuksen pilaantuneiden maiden kunnostuksesta vastaavaan viranomaishenkilöön. Valittujen ja saatujen kunnostuspäätösten ja loppuraporttien määrät ovat nähtävissä taulukosta 3. Taulukossa 3 on mainittu myös loppuraportteihin tehtyjen lausuntojen määrät, joita kerättiin RIMA -projektin tiimoilta. Lausuntojen kerääminen ja tarkastelu ei kuitenkaan ollut osa tätä opinnäytetyötä.

TAULUKKO 3. Tietokantaa varten läpikäytyjen kunnostuspäätösten, loppuraporttien ja loppuraporttilausuntojen määrät ELY-keskuksittain

ELY-KESKUS	KUNNOSTUS- PÄÄTÖS	LOPPU- RAPORTTI	LOPPURAPORTTI- LAUSUNTO
<b>Etelä-Savon ELY</b>	3	3	2
<b>Hämeen ELY</b>	3	3	1
<b>Kainuun ELY</b>	3	3	2
<b>Kaakkois-Suomen ELY</b>	5	5	1
<b>Pirkanmaan ELY</b>	4	1	2
<b>Pohjois-Karjalan ELY</b>	4	4	2
<b>Uudenmaan ELY</b>	14	9	1
<b>Varsinais-Suomen ELY</b>	9	9	2
<b>Keski-Suomen ELY</b>	1	3	0
<b>Lapin ELY</b>	1	1	1
<b>Pohjois-Pohjanmaan ELY</b>	1	1	0
<b>Turku</b>	3	3	0
<b>Helsinki</b>	4	4	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>55</b>	<b>49</b>	<b>14</b>

Kerätyt kunnostuspäätökset ja loppuraportit luettiin ja niistä poimittiin tietokantaan kunnostuksen kannalta olennaisimpia ja mielenkiintoisimpia tietoja, jotka voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: perustiedot, maaperä- ja vesitiedot, pilaantuneisuus ja kunnostus.

Perustiedoissa on keskitytty kohteen hallinnollisiin ja byrokratian kannalta tärkeisiin tietoihin. Olennaisimpana perustiedoista selviävät kohteen sijainti ja omistaja sekä se, minkä ELY-keskuksen alueelle kunnostuskohde kuuluu. Kohteessa vallitsevat maaperä- ja vesiolosuhteet taas vaikuttavat käytettävän kunnostusmenetelmän valintaa sekä siihen, miten laajalle alueelle pilaantuminen pystyy leviämään ja voiko se aiheuttaa merkittävää ympäristöhaittaa alueella eläville ihmisille ja eliöille. Pilaantuneisuustietojen avulla voidaan selvittää, mitkä toimialat ja haitta-aineet saastuttavat maaperää eniten ja miten laajasta tai vakavasta pilaantuneisuudesta kohteessa on kyse. Se, millä kunnostusmenetelmillä eri kohteita on kunnostettu ja miten varsinainen kunnostus onnistui, käy ilmi kunnostustiedoista (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Tietokannasta ilmi käyvät tiedot ja niiden merkitys tietokannalle

Kerätty tieto	Miksi kyseinen tieto on kiinnostava ja esimerkkejä siitä, mihin kysymyksiin voidaan saada vastaus
ELY-keskus	Onko puhdistettavien kohteiden määrä jonkin ELY-keskuksen alueella muista poikkeava? Suositaanko tietyn ELY-keskuksen alueella jotain tiettyä puhdistusmenetelmää?
Kunnostuspäätös	Kunnostuspäätöksen päiväys ja diaarinumero ovat kiinnostavia tietoja lähinnä asiakirjan jäljitettävyyden kannalta.
Loppuraportti	Loppuraportin päiväys on kiinnostava tieto lähinnä asiakirjan jäljitettävyyden kannalta. Raportin tyypistä (loppuraportti, väliraportti, riskinarviointi...) voidaan arvioida, onko kunnostus kenties vielä keskeneräinen.
Ohjelma	Onko kunnostettava kohde kunnostettu osana jotain kunnostusohjelmaa (esim. SOILI-ohjelma)?
Ohjelman kohdenumero	Kiinnostava tieto lähinnä yleisen jäljitettävyyden kannalta.
Luvan saaja	Hallinnon kannalta kiinnostava tieto.
Puhdistettava alue	Missä puhdistettava alue sijaitsee?
Kunta	Onko jonkin kunnan alueella tehty poikkeuksellisen paljon/vähän <i>in situ</i> -kunnostuksia? Onko jonkin kunnan alueella poikkeuksellisen paljon kunnostettavia kohteita?
Puhdistettavan alueen omistaja	Valtio, kunta, yritys, yksityishenkilö vai useampia omistajia?
Alueen käyttötarkoitus kaavassa	Teollisuus-, asuin-, yleinen käyttö vai kaavoittamaton alue?
Maaperä	Jotkut kunnostusmenetelmät toimivat tietyissä maalajeissa paremmin kuin toisissa.
Peruskallion pinta	Syvin kohta, jossa pilaavaa haitta-ainetta mahdollisesti on.
Pohjavesiluokka	Onko riski, että alueen juoma- ja käyttövesi on vaarassa pilaantua?
Pohjaveden pinta	Onko mahdollista, että pohjaveteen on päässyt pilaavaa ainetta?
Lähin pintavesistö	Haitta-aineet saattavat ajan myötä kulkeutua pinta-vesistöön, jossa ne voivat aiheuttaa altistumisriskiä ihmisille ja muille eliöille.

(jatkuu)

TAULUKKO 4. (jatkuu)

Kerätty tieto	Miksi kyseinen tieto on kiinnostava ja esimerkkejä siitä, mihin kysymyksiin voidaan saada vastaus
Pilaantumisen aiheuttanut toiminta	Aiheuttaako jokin tietty toimiala erityisesti maaperän tai pohjaveden pilaantumista?
Pilaantumisajankohta	Onko pilaantuminen tapahtunut äkillisen onnettomuuden seurauksena vai useamman vuosikymmenen aikana?  Onko pilaavien haitta-aineiden kulkeutumista pystytty rajoittamaan nopeasti vai ovatko ne levinneet laajalle alueelle?
Pilaantuneen maa-alueen koko	Miten laajasta kunnostuksesta on kysymys? Millä menetelmillä kunnostaminen on kustannustehokkainta?
Pilaantuneisuussyvyys	Onko altistuminen haitta-aineille riskinarvioinnin perusteella mahdollista? Mikä kunnostusmenetelmä tulee kyseeseen, jos pilaantuminen on pinnalla/todella syvällä maaperässä?
Pilaantuneen aineksen määrä	Miten suurista saastuneista maa- ja vesimääristä puhutaan?
Pilaavat aineet	Eri haitta-aineille toimivat parhaiten eri kunnostustekniikat.
Pilaavan aineen määrä maaperässä / pohjavedessä	Miten likaisesta maasta/pohjavedestä puhutaan?  Täyttävätkö pilaantuneet maa-ainekset ongelmajätteen määritelmän?
Kunnostussuunnitelman tekijä	Suosivatko tietyt konsulttiyritykset tiettyjä kunnostustekniikoita?
Urakoitsija	Toteuttaako tietty urakoitsija kunnostuksen tietyillä alueilla tai tietyillä menetelmillä?
Näytteenottopisteiden määrä	Miten kattava esiselvitys kunnostettavalle alueelle on tehty ennen kunnostamisen aloittamista?
<i>In situ</i> -kunnostusmenetelmä(t)	Mitä menetelmää tai menetelmien yhdistelmää pilaantuneelle maaperälle ja/tai pohjavedelle on käytetty?
Massan vaihto	Tehtiinkö kohteessa massanvaihtoa?
Kunnostuksen aloitus	Mihin vuodenaikaan kunnostus on aloitettu?
Kunnostuksen kesto	Kauanko kunnostus kesti?
Ongelmia kunnostuksessa	Aiheuttaako jollekin kunnostustekniikalle aina ongelmia esim. kylmä vuodenaika tai maaperän olosuhteet?
Lopputulokset	Toimiko kunnostusmenetelmä kohteessa?

Kunnostusmenetelmiin liittyen taulukossa 5 on lyhyet kuvaukset yleisimmistä kunnostusmenetelmistä ja siitä, miten niitä voidaan käyttää; kyseiset kunnostusmenetelmät olivat myös vastaajien valittavina kyselyssä lukuun ottamatta anaerobista dehalogeenointia ja fytoimediaatiota, jotka tulivat kuitenkin käytettyjen menetelmien listalle vastaajien avointen vastausten kautta.

TAULUKKO 5. Kuvauksia eri maankunnostusmenetelmistä ja niiden käyttötavoista

Kunnostusmenetelmä	Kuvaus	Käyttötapa		
		<i>In situ</i>	<i>Ex situ</i>	<i>On site</i>
Anaerobinen dehalogointi	Halogeenisia haitta-aineita hajotetaan hapettomassa tilassa korvaamalla halogeeniatomi katalyytin avulla vetyatomilla (Tonteri 2012, 10).	x		
Bioaugmentaatio	Maaperään lisätään haitta-aineita hajoittavia bakteereita tehostamaan luonnollista biologista puhdistumista (Bioteknologia info 2013).	x	x	x
Biostimulaatio	Maaperään lisätään happea ja ravinteita, joilla pyritään luomaan maaperän omille bakteereille optimaaliset olosuhteet haitta aineen hajottamiselle (Penttinen 2001, 14).	x	x	x
Biotuuletus	Pohjaveden pinnan yläpuoliseen maakerrokseen johdetaan happea tai ilmaa (Penttinen 2001, 12).	x	x	x
Elektrokineettiset menetelmät	Sähkökemiallisilla ja -kineettisillä prosesseilla poistetaan haitta-aineita maaperästä (Penttinen 2001, 30).	x	x	x
Eristys	Estetään maaperän sisältämien haitta-aineiden leviäminen ja kulkeutuminen ympäristöön (Penttinen 2001, 40).	x		
Fytoremediaatio	Pilaantunutta maaperää, pohjavettä tai sedimenttiä kunnostetaan kasvattamalla siinä kasveja, jotka nopeuttavat haitta-aineiden hajoamista, sitovat haitta-aineita itseensä tai hidastavat haitta-aineiden kulkeutumista muualle ympäristöön (Penttinen 2001, 18).	x		
Huokoskaasukäsittely	Alipaineen avulla maasta poistuva kaasu johdetaan käsiteltäväksi esimerkiksi aktiivihiilisuodatuksella tai katalyyttisellä poltolla (Penttinen 2001, 16).	x	x	x
Hyötykäyttö ilman käsittelyä	Pilaantunut maaperä hyötykäytetään käsittelemättömänä käyttämällä sitä esimerkiksi kaatopaikkarakenteissa.		x	
Kaatopaikkakäsittely	Pilaantunut maa-aines kaivetaan ja välivarastoidaan tai sijoitetaan kaatopaikalle (Penttinen 2001, 42).		x	
Kemiallinen hapetus	Kunnostusmenetelmässä käytetään hapetinta - esimerkiksi vetyperoksidia - hapettamaan orgaanisia haitta-aineita maaperästä (Helakallio 2010, 7).	x	x	x

(jatkuu)

TAULUKKO 5. (jatkuu)

Kompostointi	Pilaantunut maa-aines kaivetaan ja sijoitetaan kompostointiaumoihin, -altaisiin tai bioreaktoreihin, joissa orgaanisia haitta-aineita hajotetaan mikrobitoiminnan avulla (Penttinen 2001, 22).		x	
Luontainen biohajoaminen	Maaperän annetaan puhdistua hyväksyttävälle tasolle maaperässä luontaisesti tapahtuvien biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten prosessien vaikutuksesta (Penttinen 2001, 10).	x		
Maan huuhtelu	Maahan tai pohjaveteen johdetaan imeyttämällä tai injektoimalla vettä. Pohjaveden pinnan noustessa pilaantuneeseen maakerrokseen haitta-aineet irtoavat pohjaveteen, joka johdetaan käsiteltäväksi. (Penttinen 2001, 28.)	x		
Maan pesu	Partikkeleihin sitoutuneet haitta-aineet erotetaan maa-aineksesta veden avulla. Pesun avulla saadaan erotettua haitta-aineet sisältävä likainen jae ja puhdas jae. (Penttinen 2001, 26.)		x	x
Pohjaveden ilmastus	Pohjavettä ilmastetaan, jotta haihtuvien yhdisteiden poistuminen nopeutuisi (Penttinen 2001, 46).	x		
Pohjaveden pumppaus käsiteltäväksi	Pilaantunut pohjavesi pumpataan maan pinnalla sijaitsevaan käsittelylaitokseen puhdistettavaksi, jonka jälkeen vesi palautetaan takaisin maaperään tai johdetaan pintavesiin tai jatkokäsittelyyn kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle (Penttinen 2001, 44).		x	
Stabilointi	Haitta-aineiden kulkeutumista ja leviämistä ympäristöön ja siten niiden haitallisuutta vähennetään sitomalla ne maa-ainekseen (Penttinen 2001, 14).	x	x	
Termiset menetelmät	Termisiä menetelmiä ovat esimerkiksi poltto ja terminen desorptio. Poltossa korkeaa lämpötilaa käytetään haihduttamaan ja tuhoamaan hapellisissa olosuhteissa haitta-aineita pilaantuneesta maasta (Penttinen 2001, 32). Terminen desorptio on fysikaalinen menetelmä, jossa haitta-aineet erotetaan käsiteltävästä materiaalista lämmittämällä sitä (Penttinen 2001, 34).		x	x

## 6 TULOKSET

### 6.1 Kyselyn tulokset

Kyselyyn vastasi yhteensä 45 henkilöä, joista kaikki eivät vastanneet kyselyn kaikkiin kysymyksiin (taulukko 6). Eniten vastaamatta jätettiin kysymyksiin 5b, 8 ja 9d.

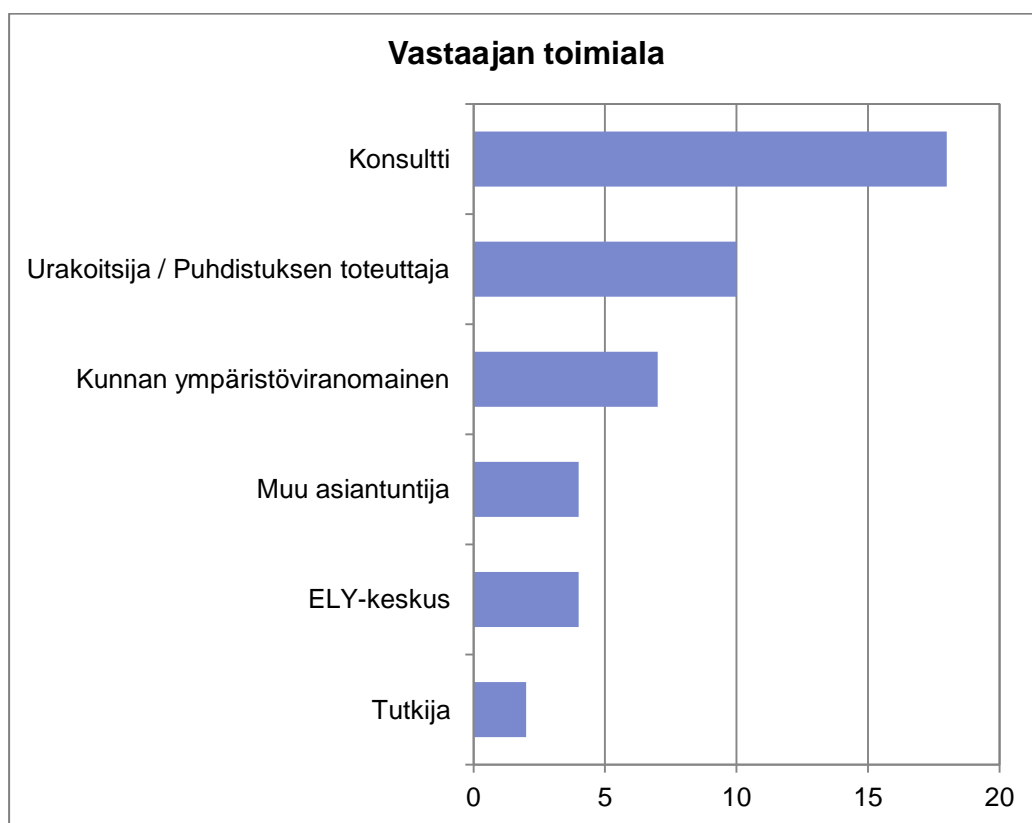
**TAULUKKO 6.** Kysymysten numerot, kysytyt kysymykset ja kysymyksiin vastanneiden lukumäärät

Kysymyksen numero	Kysymys	Vastaajien lukumäärä	Vastaajien määrä prosentteina
1	Vastaajan toimiala	45	100 %
2	Oletteko käyttäneet /suositelleet / tutkineet <i>in situ</i> -/ <i>ex situ</i> -tekniikoita?	45	100 %
3	Mitä tekniikoita olette käyttäneet tai suositelleet käytettäväksi eri yhdisteillä saastuneille kohteille?	40	89 %
4	Mitkä ovat kolme eniten käyttämäänne <i>in situ</i> - ja kolme eniten käyttämäänne <i>ex situ</i> -kunnostustekniikkaa pilaantuneille kohteille?	39	87 %
5a	Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemanne tekniikoita?	40	89 %
5b	Antakaa kunnostustekniikalle myös arvosana asteikolla 1 - 10, jossa 1 = kunnostustekniikka toimii harvoin toivotulla tavalla ja 10 = kunnostustekniikka toimii aina toivotulla tavalla.	26	58 %
6	Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saastuneille kohteille? Miksi?	38	84 %
7	Asettakaa seuraavat maankunnostukseen liittyvät asiat tärkeysjärjestykseen sen mukaan kuinka paljon ne vaikuttavat käytettävän kunnostustekniikan valintaan. 5 = vaikuttaa eniten, 1 = vaikuttaa vähiten.	42	93 %
8	Mikä on arvionne siitä kuinka paljon maan kunnostus maksaa €/m <sup>3</sup> keskimäärin? / halvimmillaan? / kalleimmillaan?	28	62 %
9a	Mikä on mielestänne kustannustehokkain kunnostustekniikka Suomen olosuhteissa?	38	84 %
9b	Minkä tai millaisten kunnostustekniikoiden käyttöä tulisi Suomessa lisätä ja miksi?	36	80 %
9c	Mitkä tekijät vaikuttaisivat käytön lisäämiseen näiden tekniikoiden kohdalla?	36	80 %
9d	Tarvitaanko eri kunnostustekniikoista lisää tietoa? Mistä tekniikoista? Millaista tietoa?	27	60 %



### 6.1.1 Vastaajien toimiala ja yleiskatsaus kunnostusmenetelmien käyttöön

Eniten kyselyyn vastasi konsultteja ja urakoitsijoita (kuvio 6). Kyselyyn kirjoitetuista avoimista kommenteista käy ilmi, että viranomaisten vähäinen vastausosuus saattaa johtua siitä, että viranomaiset eivät suosittele tai valitse kunnostusmenetelmiä eri kohteille, vaan he ainoastaan hyväksyvät, hylkäävät tai vaativat muutoksia yleensä konsulttiyritysten tekemiin kunnostussuunnitelmiin. Tämän vuoksi moni viranomainen on saattanut pitää itseään vääränä henkilönä vastaamaan kyselyyn, jonka ensimmäisessä kysymyksessä kysyttiin ”Oletteko käyttäneet/suosittelleet/tutkineet *in situ* -tekniikoita?” 36 henkilöä 45:stä oli käyttänyt, suositellut tai tutkinut *in situ*- ja/tai *ex situ* -tekniikoita pilaantuneen maan kunnostuksessa.



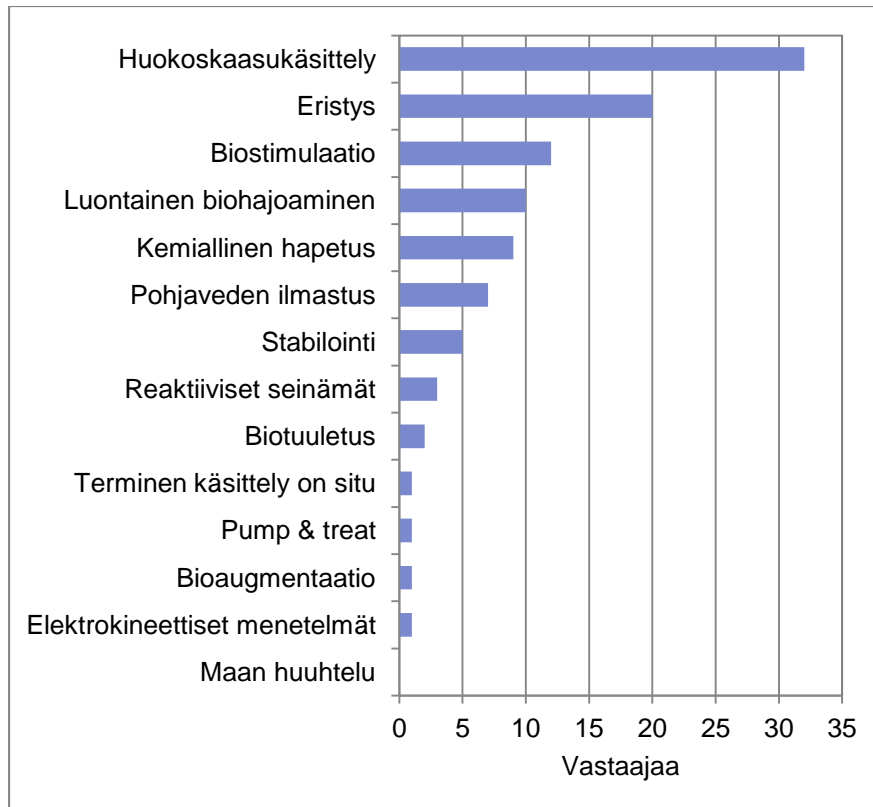
KUVIO 6. Kyselyyn saastuneen maaperän / pohjaveden kunnostamisesta vastanneiden henkilöiden toimialajakauma

Kysymyksissä kolme ja neljä kartoitettiin vastaajien käyttämiä kunnostustekniikoita. Liitteessä 6 on esitetty vastaajien käyttämät muut kuin kyselyssä mainitut kunnostustekniikat pilaaville yhdisteille. Kolme eniten

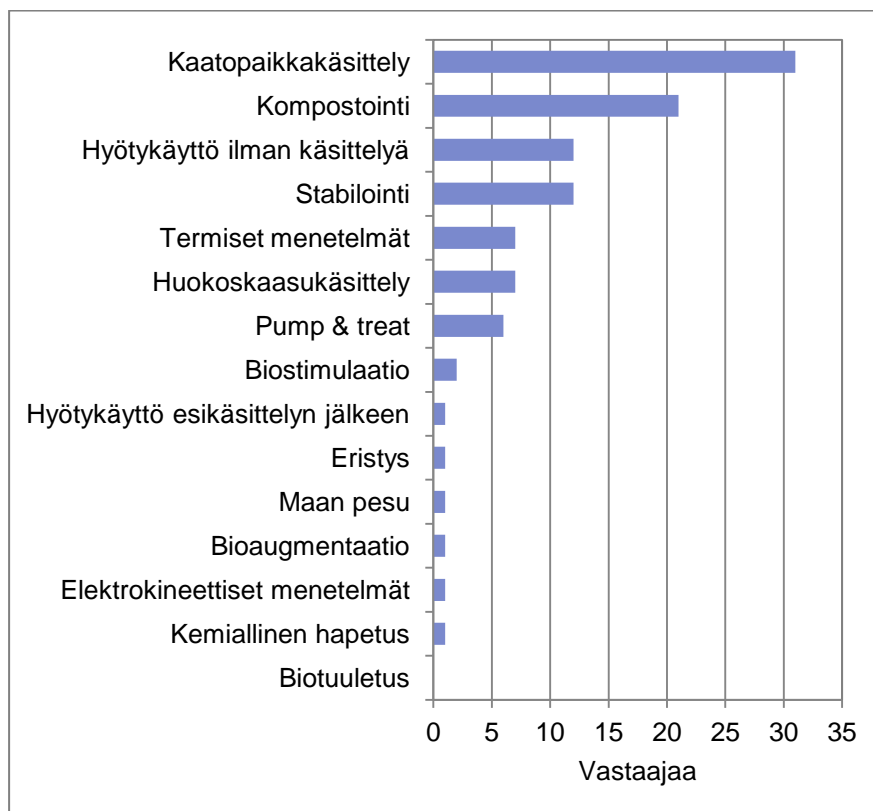
käytettyä *in situ* -kunnostusmenetelmää olivat huokoskaasukäsittely, eristys ja biostimulaatio, kolme käytetyintä *ex situ*-kunnostusmenetelmää puolestaan olivat kaatopaikkakäsittely ja kompostointi sekä jaetulla kolmannella sijalla hyötykäyttö ilman käsittelyä ja stabilointi (kuvio 7 ja 8).

Huokoskaasukäsittelyä oli käytetty eniten klooratuilla liuottimilla, helposti haihtuvilla ja keskiraskailla öljyhiilivedyjakeilla pilaantuneen maaperän puhdistamiseen, mutta myös joissakin tapauksissa raskaille öljyhiilivedyille, polysyklisille aromaattisille hiilivedyille ja syanidille. Eristystä oli käytetty kaikille kyselyssä ehdotetuille pilaaville yhdisteille. Biostimulaatiolla oli kunnostettu eniten keskiraskailla ja raskailla öljyhiilivedyillä pilaantuneita alueita. Biostimulaatiota oli myös käytetty muihin kyselyssä mainittuihin yhdisteisiin, lukuun ottamatta metalleja ja puolimetalleja, dioksiineja ja furaaneja ja syanidia. Kaatopaikkakäsittelyä, hyötykäyttöä ilman käsittelyä ja stabilointia oli käytetty yleisesti kaikenlaisilla yhdisteillä pilaantuneille maaperille, kompostointia taas öljyhiilivedyille, polysyklisille aromaattisille hiilivedyille, torjunta-aineille, klooratuille liuottimille ja kloorifenoleille (liite 2 ja 3).

Pohjavedelle käytettiin *in situ* -kunnostusmenetelmistä eniten pohjaveden ilmastusta, jolla vettä oli pyritty puhdistamaan öljyhiilivedyistä, polyaromaattisista hiilivedyistä, torjunta-aineista, klooratuista liuottimista ja kloorifenoleista. Reaktiivisia seinämiä käytettiin useimmiten klooratuilla liuottimilla pilaantuneen pohjaveden puhdistamisessa. Vastaajat olivat lisäksi maininneet käyttäneensä mm. biostimulaatiota ja kemiallista hapetusta pohjaveden puhdistamiseen. *Ex situ*-kunnostusmenetelmänä käytettäviä pump & treat -käsittelyitä oli käytetty kaikille muille haitta-aineille, paitsi polyklooratuille bifenyyleille ja dioksiineille ja furaaneille (liite 4 ja 5).



KUVIO 7. Eniten käytetyt *in situ* -kunnostustekniikat pilaantuneille kohteille

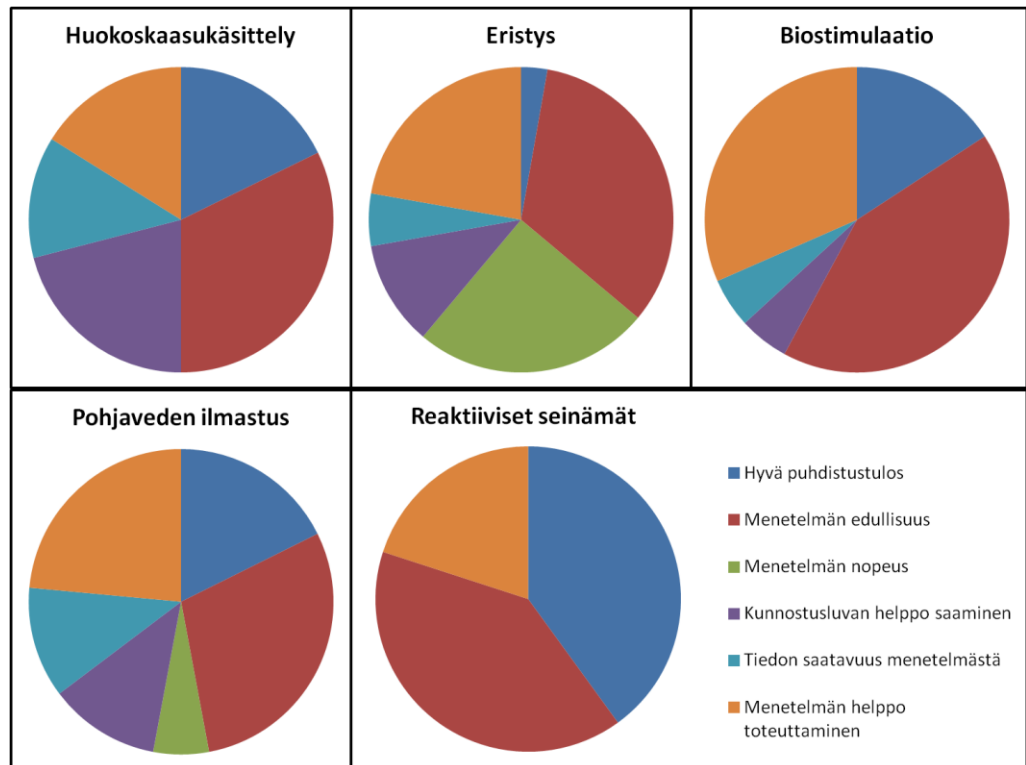


KUVIO 8. Eniten käytetyt *ex situ* -kunnostustekniikat pilaantuneille kohteille

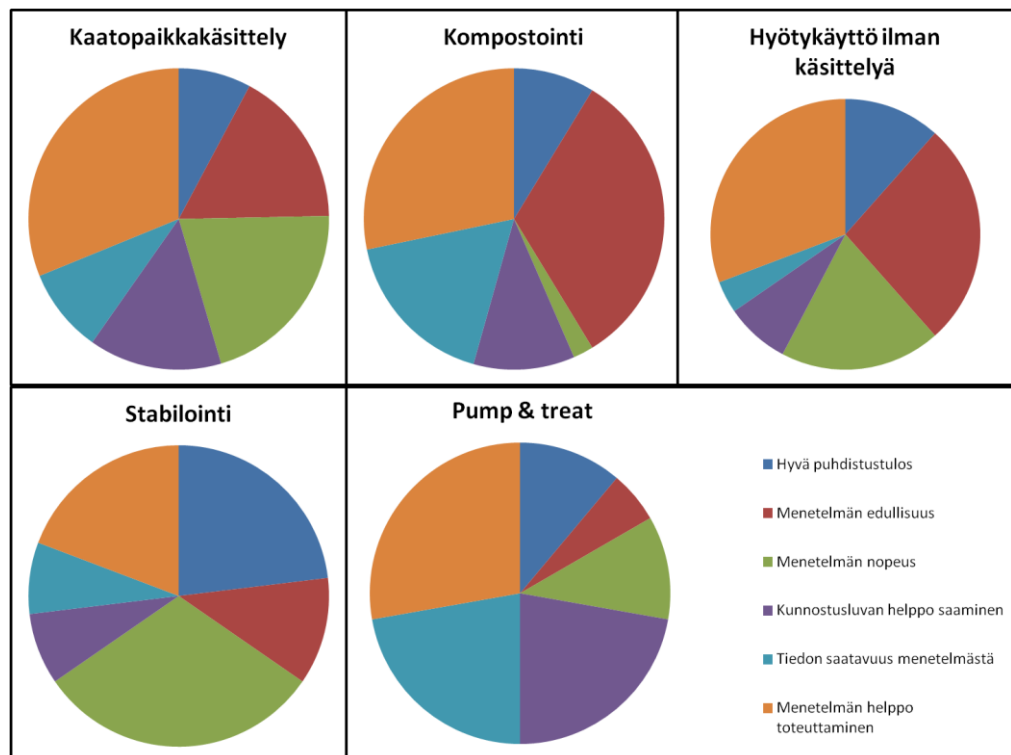
### 6.1.2 Syyt eri kunnostusmenetelmien suosimiseen ja välttämiseen

Kysymyksessä neljä vastaajat olivat saaneet valita kolme eniten käyttämäänsä tai suosittalemaansa *in situ*- ja *ex situ*- kunnostusmenetelmää (kuvio 7 ja 8) ja sen jälkeen valita kysymyksessä viisi syytä sille, miksi he suosivat juuri valitsemiaan menetelmiä ja antaa menetelmille arvosanan asteikolla 1 – 10. Asteikossa yksi tarkoitti, että kunnostustekniikka toimii harvoin toivotulla tavalla, ja kymmenen, että kunnostustekniikka toimii aina toivotulla tavalla. Kysymyksiin viisi ja kuusi liittyviä avoimia vastauksia ”Muu mikä?” -kohtiin löytyy liitteistä 8 ja 11. Avoimia vastauksia ei ole otettu mukaan kuvaajiin 9 ja 10, jotta eri menetelmien ominaisuuksien vertailu keskenään olisi helpompaa.

Huokoskaasukäsittelyä ja muita käytetyimpiä *in situ* -menetelmiä suosittiin pääasiassa menetelmien edullisuuden vuoksi, mutta myös menetelmän helpolla toteutettavuudella oli vaikutusta. Seuraavaksi eniten käytön suosimiseen vaikuttivat hyvä puhdistustulos ja kunnostusluvan helppo saaminen. Käytettyjä *in situ* -menetelmiä suosittiin harvemmin tiedon saatavuuden tai nopeuden vuoksi (kuvio 9). Käytettyjen *ex situ* -menetelmien suosimiseen vaikutti vahvasti menetelmän helppo toteutettavuus. Muita syitä *ex situ* -menetelmien suosimiseen olivat menetelmien edullisuus ja nopeus. Vähemmän suosimiseen vaikuttivat hyvä puhdistustulos, tiedon saatavuus ja kunnostusluvan helppo saaminen (kuvio 10).

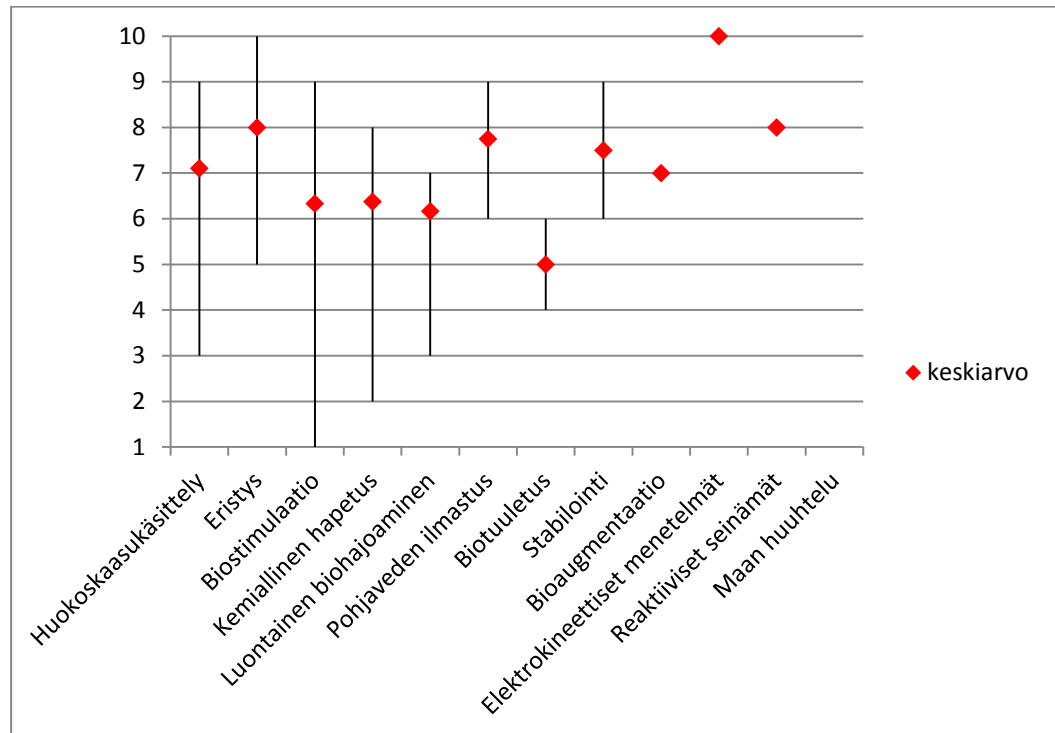


KUVIO 9. Käytetyimpien *in situ* -kunnostusmenetelmien hyvät ominaisuudet vastaajien mielestä (liite 7)

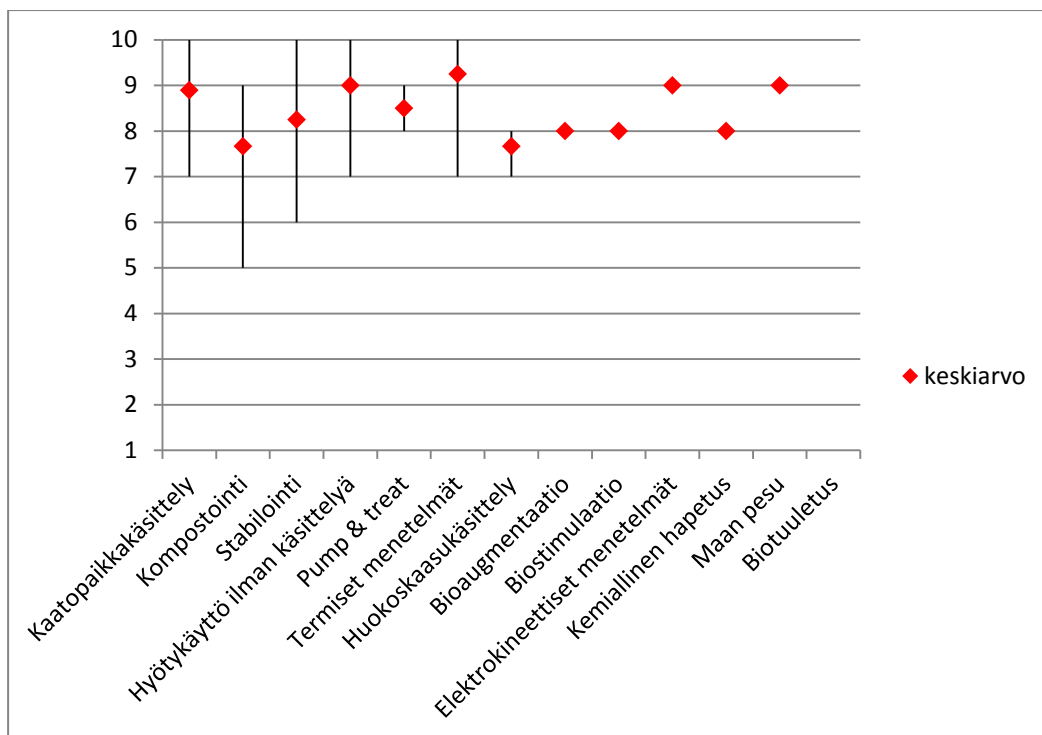


KUVIO 10. Käytetyimpien *ex situ* -kunnostusmenetelmien hyvät ominaisuudet vastaajien mielestä (liite 7)

Käytetyille *in situ* -menetelmille annettujen arvosanojen keskiarvot olivat enimmäkseen kuuden ja kahdeksan välissä (kuvio 11), eli menetelmät toimivat, mutta eivät kuitenkaan aivan toivotusti. Hunoimman keskiarvon sai biotuuletus ja maan huuhtelu ei annettu lainkaan arvosanoja. *Ex situ* -menetelmien keskiarvot olivat pääasiassa seitsemän ja yhdeksän välillä (kuvio 12), mikä kertoo menetelmien toimivan hyvin, mutta ei täydellisesti. Biotuuletus ei saanut *ex situ*:na käytettäessä lainkaan arvosanoja.



KUVIO 11. Vastaajien antamat arvosanat, keskiarvo, minimi ja maksimi kolmelle eniten käytetylle *in situ* -kunnostusmenetelmälle

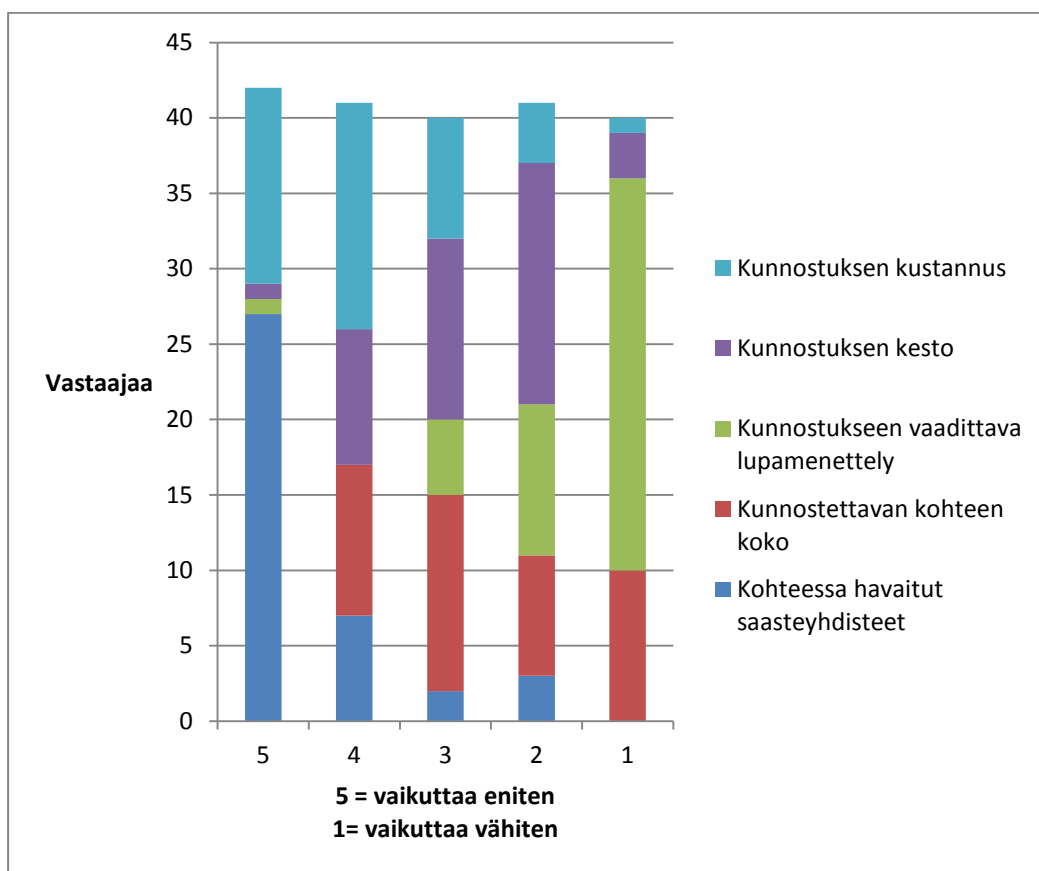


KUVIO 12. Vastaajien antamat arvosanat, keskiarvo, minimi ja maksimi kolmelle eniten käytetylle *ex situ* -kunnostusmenetelmälle

Kysymyksessä 6 vastaajat saivat valita kaikista menetelmistä, mitä *in situ*- ja *ex situ* -kunnostusmenetelmiä he pitivät huonoina saastuneille kohteille ja miksi. Syitä pystyi valitsemaan annetuista vaihtoehtoista tai kirjoittamaan itse. *In situ* -menetelmissä useimpien menetelmien suurimpana ongelmana pidettiin puhdistustuloksen puhdistusvarmuutta, kunnostuksen kestoa ja tiedon puutetta menetelmästä. Stabilointia ja reaktiivisia seinämiä pidettiin selkeästi kalleimpina *in situ* -menetelminä. Ainoastaan eristyksen kohdalla lupamenettelyn kestoa pidettiin huomattavasti ongelmallisena (liite 9 ja 10).

*Ex situ* -menetelmien kohdalla ongelmia aiheuttivat *in situ* -menetelmien tapaan epävarmuus puhdistustuloksesta ja kunnostuksen kestosta. Hinta mainittiin ongelmaksi erityisesti kaatopaikkakäsittelyä, maan pesua, stabilointia ja termisiä menetelmiä käytettäessä. Tiedon puutetta tai kokemattomuutta menetelmästä ei koettu ongelmalliseksi hyötykäytön ilman käsittelyä, kaatopaikkakäsittelyn, kompostoinnin, stabiloinnin tai termisten menetelmien kohdalla. Hyötykäyttö ilman käsittelyä oli ainoa *ex situ* -menetelmä, jossa lupamenettelyn kesto koettiin selvästi ongelmaksi (liite 9 ja 10).

Kyselyyn vastanneet pitivät kunnostusmenetelmää valittaessa tärkeimpänä valintaan vaikuttavana tekijänä kohteessa havaittuja saasteyhdisteitä ja kunnostuksen kustannuksia. Vähemmän tärkeää oli kunnostukseen vaadittavien lupa-asioiden hoitamisen työläys ja kunnostuksen kesto (kuvio 13). Kysymyksestä maankunnostuksen kustannuksiin liittyen ei ole vedettävissä mitään yhtenäistä linjaa kysymyksen huonon muotoilun takia, joka tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että vastaajat ovat kukin laskeneet kustannuksia omalla tavallaan koska kysymyksessä ei ollut määritelty, mitä laskettava hinta sisältää (taulukko 7).



KUVIO 13. Kunnostusmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät

TAULUKKO 7. Kyselyyn vastanneiden arvioita maankunnostuksen kustannuksista

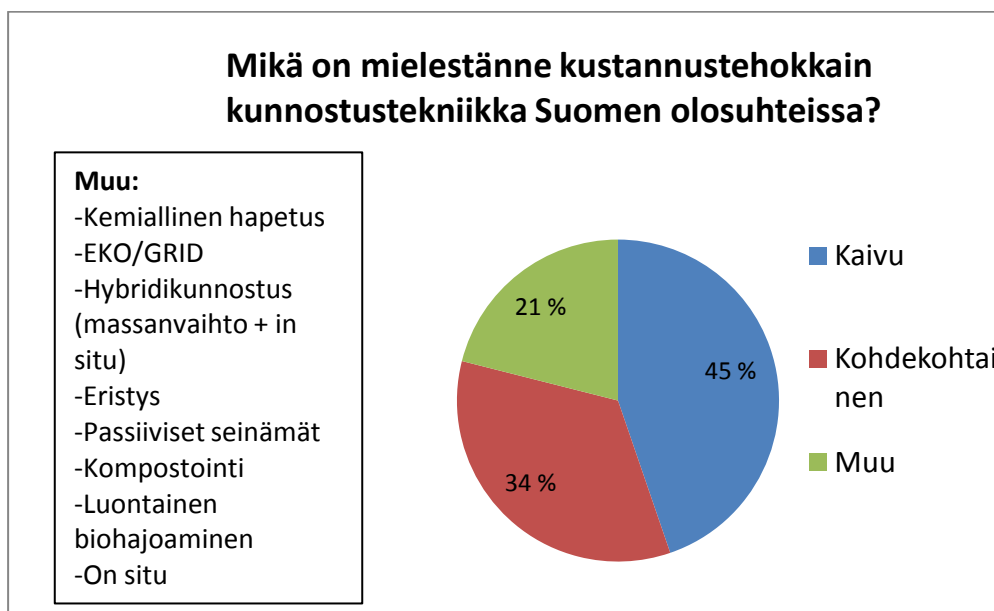
Mikä on arvionne siitä kuinka paljon maankunnostus maksaa €/m <sup>3</sup> ...	...halvimmillaan	...keskimäärin	...kalleimmillaan
min	0	10	50
max	80	160	2000
keskiarvo	28	70	367
mediaani	30	65	200
keskihajonta	20	40	512



### 6.1.3 Avoimet vastaukset

Kyselyssä kysymysten 3, 4, 5, 6, 7 ja 8 lopussa oli tekstikenttä kysymyksen avointa kommentointia varten. Kyseinen kommenttikenttä osoittautui erittäin hyväksi etenkin kysymyksen kahdeksan kohdalla, johon useat vastaajat olivat antaneet palautetta kysymyksen epäeksaktista muotoilusta. Lisäksi koko kyselyn lopussa oli neljä kysymystä, joihin vastattiin ainoastaan kirjoittamalla (liite 12); nämä avoimet kysymykset ja niiden tulokset esitellään tässä osiossa.

Kysymykseen ”Mikä on mielestänne kustannustehokkain kunnostustekniikka Suomen olosuhteissa?” vastasi yhteensä 38 henkilöä. 17 vastaajista piti maaperän kaivua vaativia menetelmiä, kuten massanvaihtoa, kaatopaikkakäsittelyä tai hyötykäyttöä toisessa kohteessa kustannustehokkaimpana kunnostusmenetelmänä. 13 vastaajaa taas oli sitä mieltä, että kustannustehokkuus on aina riippuvainen kunnostettavasta kohteesta, eikä tämän vuoksi mitään yksittäistä menetelmää voida pistää muiden edelle. Loput kahdeksan vastaajaa olivat maininneet jonkin yksittäisen menetelmän. Osassa yksittäisistä vastauksista on aistittavissa vastaajan olevan läheisesti tekemisissä kyseisen menetelmän kanssa, mikä saattaa osittain vaikuttaa menetelmän suosittelemiseen yleisesti (kuvio 14).



KUVIO 14. Kyselyyn vastanneiden mielestä kustannustehokkaimmat kunnostustekniikat Suomessa

Kysymykseen ”Minkä tai millaisten kunnostustekniikoiden käyttöä tulisi Suomessa lisätä ja miksi?” vastasi yhteensä 36 henkilöä, joista selkeä enemmistö oli sitä mieltä, että *in situ* -tekniikoiden käyttöä kunnostuskohteissa tulisi lisätä. Muita lisää käytettäväksi ehdotettuja tekniikoita olivat hyötykäyttö, biokunnostus ja liuta yksittäisiä tekniikoita. Muutama vastaaja myös peräänkuulutti ylipäättänsä sellaisia tekniikoita, jotka todella puhdistavat maata, eikä pilaantunutta maata vain siirretä paikasta toiseen. Edellinen kommentti on ristiriidassa niiden vastaajien kanssa, jotka pitävät hyötykäyttöä kunnostusmenetelmänä, jota tulisi lisätä.

Jatkokysymykseen ”Mitkä tekijät vaikuttaisivat käytön lisäämiseen näiden tekniikoiden kohdalla?” vastasi yhteensä 36 henkilöä. Edellisessä kysymyksessä mainittujen kunnostusmenetelmien lisäämiseksi ehdotettiin monenlaisia keinoja. Tärkeimpänä kannusteena mainittiin tiedon ja kokemusten lisääminen eri menetelmistä esimerkiksi koulutuksen ja tutkimuksen avulla. Muita mainittuja käyttöönottoa edistäviä tekijöitä olivat lupamenettelyn parantaminen, puhdistustarpeen ennakoiminen, kunnostusmenetelmän toimintavarmuus, kustannustehokkuus, viranomaisen asenteen muuttuminen myönteisemmäksi *in situ* -kunnostusmenetelmiä kohtaan, kilpailun lisääntyminen urakointipuolella ja riskinarvioinnit. Osa vastaajista piti nykyistä lainsäädäntöä ja viranomaisvaatimuksia esteenä *in situ* -kunnostusmenetelmien lisäämiselle, myös *in situ* -menetelmien hitaus katsottiin ongelmalliseksi.

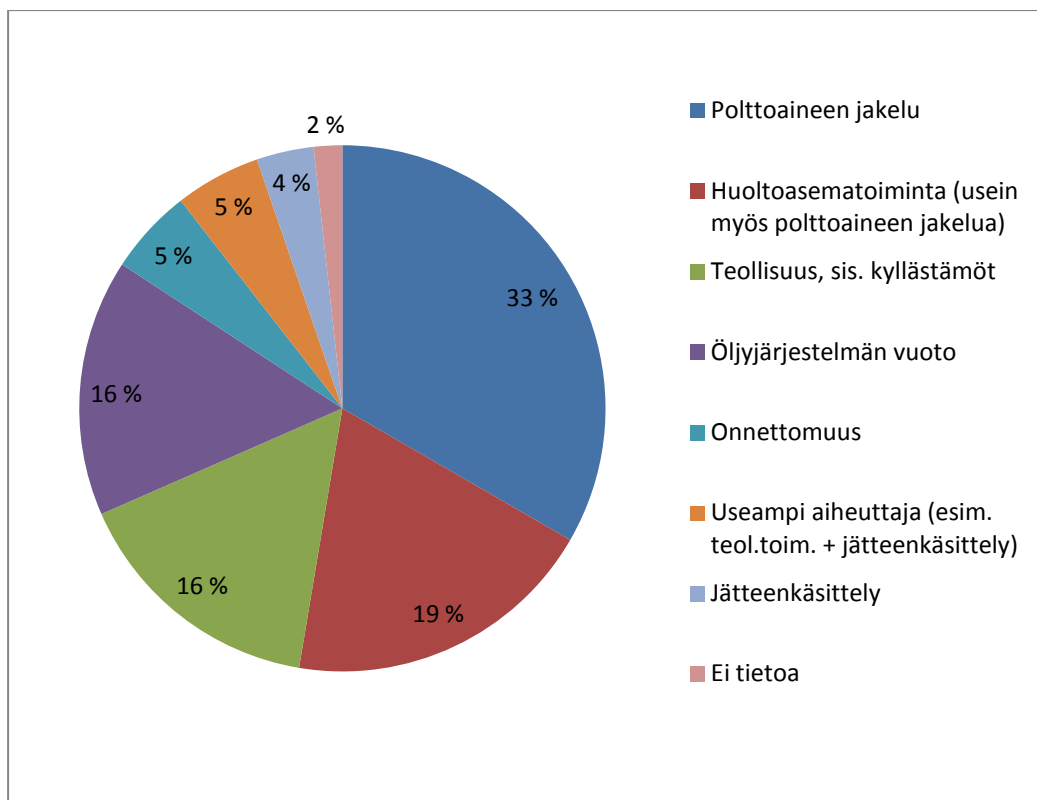
Kysymykseen ”Tarvitaanko eri kunnostustekniikoista lisää tietoa?” ja jatkokysymyksiin ”Mistä tekniikoista?” ja ”Millaista tietoa?” vastasi yhteensä 27 henkilöä. Vastausten päälinja oli, että kaikki tieto kaikista menetelmistä on tervetullutta; vastauksissa mainittiin kuitenkin useimmiten biologiset ja *in situ* -menetelmät. Muita mainittuja tekniikoita olivat Suomen olosuhteisiin ja pohjaveden puhdistukseen soveltuvat tekniikat. Eniten vastaajat toivoivat käytännön kokemuksiin pohjautuvaa tietoa eri menetelmien soveltuvuudesta eri haitta-aineille ja erilaisille maaperille. Kiinnostuneita oltiin myös eri menetelmien kustannuksista, käyttövarmuudesta, aikataulusta ja toimivuudesta Suomen olosuhteissa. Muutama vastaajista toivoi suomenkielistä teoriatietoa ja kirjallisuutta eri *in situ* -kunnostusmenetelmistä.

## 6.2 Tietokannan tulokset

Tietokantaa varten tietoja kerätyistä 57 kohteesta 22 eli 39 % oli SOILI-ohjelman kautta kunnostettuja kohteita. Puhdistettavan alueen omistaja oli useimmiten yritys tai kunta ja alueiden käyttötarkoitus kaavassa jakautui melko tasaisesti asuinkäytön, teollisuuden, yleisten alueiden ja kavoittamattomien alueiden kesken. Suurin osa kohteista oli pohjavesialueen ulkopuolella. Pilaantuminen oli pääosin aiheutunut polttoaineen jakelun tai huoltoasematoiminnan seurauksena, seuraavaksi yleisimpiä pilaantumisen aiheuttajia olivat teollisuus ja öljyjärjestelmien vuodot (kuvio 15). Öljyhiilivedyillä pilaantuneita alueita oli 91 % tarkastelluista kohteista ja sekapilaantuneita alueita 12 % (taulukko 8).

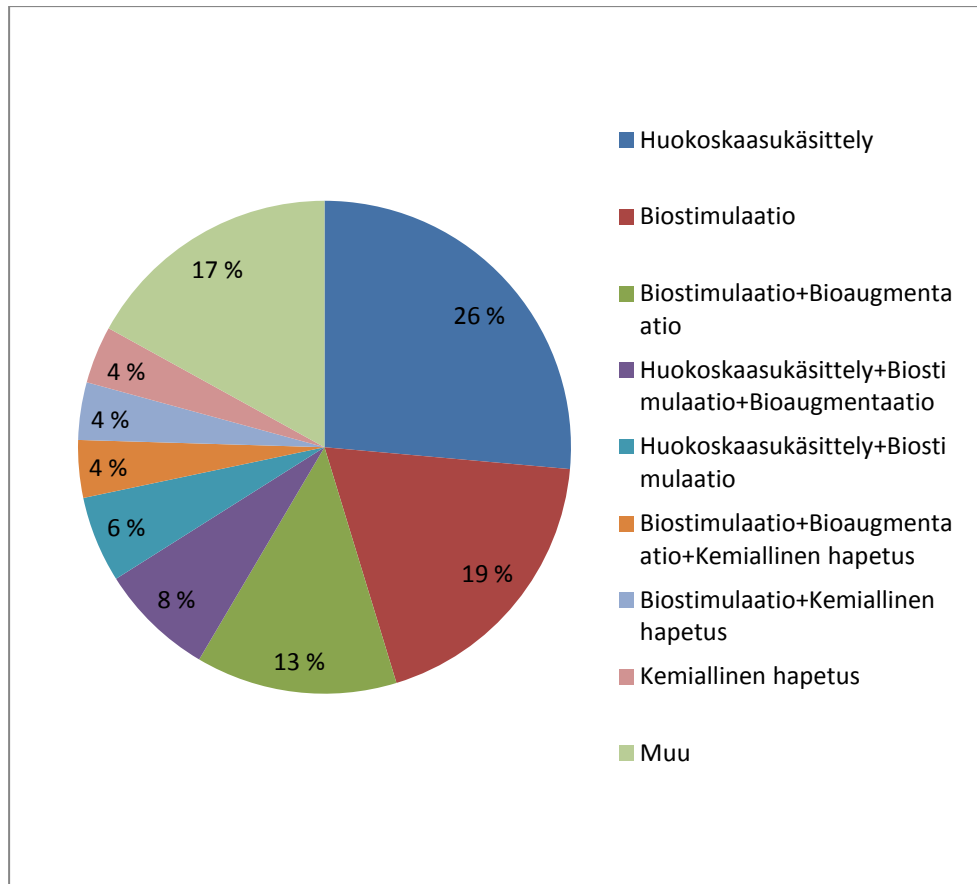
TAULUKKO 8. Tietokannan kohteissa havaitut haitta-aineet ja niiden yleisyys

Haitta-aine	Kohteita	Osuus prosentteina kaikista kohteista (57 kohdetta)
PAH	4/57	7 %
Metallit	5/57	9 %
Klooratut liuottimet	6/57	11 %
Öljyhiilivedyt	52/57	91 %
Sekapilaantuneet	7/57	12 %

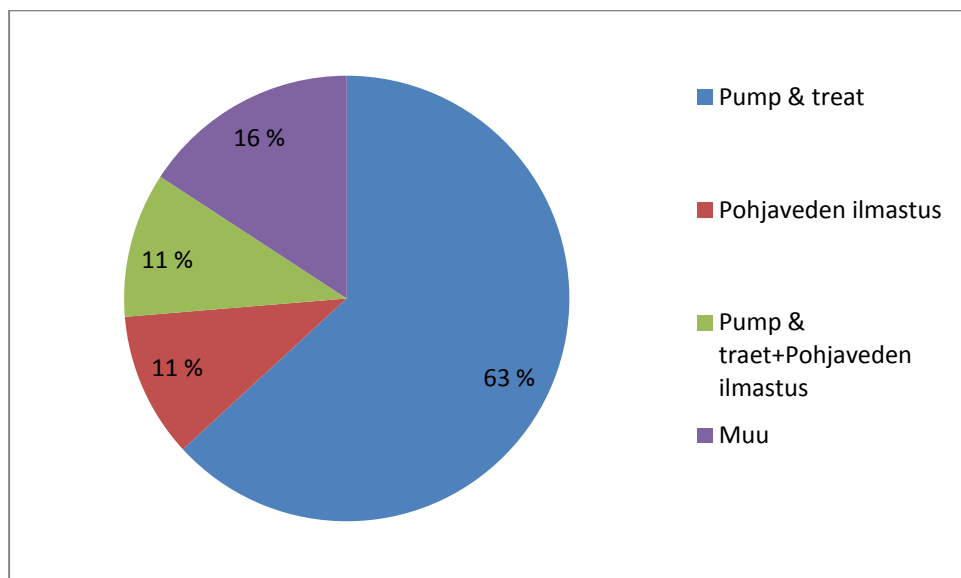


KUVIO 15. Pilaantumisen aiheuttanut toiminta tietokannan kohteissa

Monessa kunnostuspäätöksessä pilaantuneen maaperän tai pohjaveden kunnostusmenetelmäksi oli mainittu useampia eri kunnostusmenetelmiä, joista lopullisessa kunnostuksessa oli käytetty yhtä tai useampaa menetelmää. Käytetyimmät *in situ* -kunnostusmenetelmät olivat tietokannan perusteella huokoskaasukäsittely, biostimulaatio ja pump & treat -käsittely (kuvio 16 ja 17). Kuvioita tarkasteltaessa on otettava huomioon, että joissain kohteissa on kunnostettu ainoastaan maaperää tai ainoastaan pohjavettä. Tyypillisesti kunnostukset kestivät alle puoli vuotta tai vuosia. Lähes joka toisessa kunnostuskohteessa mainittiin ilmenneen jonkinlaisia ongelmia kunnostuksen aikana. Useimmiten ongelmat olivat teknisiä tai niiden taustalla oli puutteellinen esiselvitys kohteesta (taulukko 9). Pohjavedelle käytettyjä muita kuin kuviossa 17 esiteltyjä kunnostusmenetelmiä olivat pump & treat -käsittely anaerobisella dehalogoinnilla tai reaktiivisilla seinämillä sekä sulfaatin lisäys.



KUVIO 16. Käytettäväksi mainitut kunnostusmenetelmät pilaantuneelle maaperälle tietokannan kohteissa



KUVIO 17. Käytettäväksi mainitut kunnostusmenetelmät pilaantuneelle pohjavedelle tietokannan kohteissa.

TAULUKKO 9. Kunnostuksissa ilmenneitä ongelmia ja niiden yleisyys

Ongelma	Kohteita	Osuus prosentteina kaikista kohteista (57 kohdetta)
Tekniset ongelmat	11/57	19 %
Puutteellinen esiselvitys	10/57	18 %
Maaperän olosuhteet	7/57	12 %
Pitoisuuksien nousua ympäristössä	4/57	7 %
Kylmä vuodenaika	3/57	5 %
Kemikaalien oikea annostelu	2/57	4 %
Kunnostuskohteessa ei mitään ongelmia	20/57	35 %

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa eniten maaperän pilaantumista aiheuttanut toiminta on polttoaineen jakelu. Monet kunnostettavista kohteista ovat pilaantuneet öljyhiilivedyillä menneiden vuosikymmenien aikana, jolloin ympäristöasioiden huomioonottaminen ja yleinen tietämys eri aineiden haittavaikutuksista on ollut vähäisempää kuin nykyään. Uudet, ympäristöasioihin liittyvät vaatimukset polttoaineenjakelessa eivät kuitenkaan poista öljyhiilivetyjen osuutta yhtenä Suomen maaperää pilaavimmista aineista. Öljyhiilivetyjä voi jatkossakin päästä ympäristöön tieliikenneonnettomuuksien ja vanhojen lämmitysöljysäiliöiden vuotojen seurauksena. Onneksi liikenneturvallisuus kuitenkin paranee ja uusiin asuntoihin kehitellään jatkuvasti ekologisempia lämmitys- ja energiamuotoja.

Suomessa käytetyimmät *in situ*-kunnostusmenetelmät maaperälle olivat huokoskaasukäsittely, biostimulaatio, eristys ja kemiallinen hapetus, pohjavedelle taas pohjaveden ilmastus ja reaktiiviset seinämät. Käytettyjen menetelmien valintaan vaikutti vastaajien mielestä eniten haitta-aine, jolla kohde on pilaantunut, mutta käytännössä suositaan kunnostusmenetelmiä, joilla kohde saadaan puhdistettua mahdollisimman nopeasti eli usein *ex situ* -menetelmiä. *In situ* -menetelmiä käytettäessä taas suurin vaikutus tuntuu olevan kunnostusmenetelmän edullisuudella. Vaikuttaa siltä, että konsultit -joita suurin osa kyselyyn vastanneista oli - valitsisivat kohteeseen kunnostusmenetelmän ensisijaisesti haitta-aineiden perusteella ja tämän jälkeen mietittäisiin kustannustehokkuutta arvioimalla kunnostuksen kestoa ja kunnostuskohteen kokoa. Pilaantuneita kohteita siis haluttaisiin kunnostaa järkevästi ja kestävästi kehityksen mukaisesti, mutta kunnostukselle asetetut aikarajat eivät aina anna siihen mahdollisuutta.

Kunnostustarve huomataan usein vasta alueen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, esimerkiksi kun vanhalle teollisuusalueelle halutaan rakentaa asutusta. Pilaantunutta maaperää on joka tapauksessa kaivettava, joten miksei aluetta kunnostettaisi samalla kertaa massanvaihdoilla? Massanvaihdosta on paljon kokemusta, urakka hoituu nopeasti ja lupa-asiatkin ovat käytännössä jo muodollisuuksia. Massanvaihdon suurimpana ongelmana kuitenkin on, ettei se poista pilaantuneisuutta vaan ongelma vain siirretään muualle.

Halua kokeilla uusia, ympäristöystävällisempiä kunnostustekniikoita on, mutta kehitystä jarruttavat tiukat rakennusaikataulut ja kunnostusmenetelmien tuntemattomuus viranomaisten osalta. Kyselystä oli selvästi havaittavissa, että käytettyjen kunnostusmenetelmien käyttäminen on suoraan verrannollista menetelmästä olevan kokemuksen ja tiedon määrään. Voidaan siis päätellä, että maankunnostuksessa *in situ* -kunnostusmenetelmien käyttäminen on itse itseään ruokkiva ilmiö eli *in situ* -kunnostusmenetelmät eivät yleisty maankunnostuksessa kuin käyttämällä niitä useammin. Tällä hetkellä suurin tilaus on puhdistusvarmoille, öljyhiilivedyille soveltuville ja nopeille *in situ* -kunnostusmenetelmille.



## 8 YHTEENVETO

Tarkoituksena oli selvittää, millä *in situ* -kunnostusmentelmillä maaperää ja pohjavettä on Suomessa kunnostettu 2000-luvulla. Asiaa selvitettiin kunnostuspäätösten ja loppuraporttien pohjalta tehdyn tietokannan sekä maankunnostuksen asiantuntijoille tehdyn kyselyn avulla.

Suomessa kunnostetaan satoja kohteita joka vuosi ja näistä suurin osa on pilaantunut polttoaineen jakelun tai huoltoasematoiminnan seurauksena erilaisilla öljyhiilivedyillä. Kunnostettava alue voi sijaita missä tahansa, ja noin kolmasosa kunnostettavista kohteista sijaitsee pohjavesialueella. Kunnostukset eivät yleensä suju ongelmitta. Ongelmia aiheuttavat useimmiten tekninen toteutus ja toimintaympäristö.

Saaduista kyselyn ja tietokannan tuloksista voidaan päätellä, että yleisimmin käytetyt *in situ* -kunnostusmenetelmät pohjavedelle Suomessa ovat pohjaveden ilmastus ja reaktiiviset seinämät ja maaperälle huokoskaasukäsittely, biostimulaatio, kemiallinen hapetus ja eristys. Huokoskaasukäsittely ja biostimulaatio tulivat selvästi esiin käytettyinä menetelminä niin kyselyssä kuin tietokannassakin. Kemiallisen hapetuksen ja eristyksen osalta käytetyimpien *in situ* -menetelmien listalle päätyminen oli hieman mutkikkaampaa, sillä kyseisten tekniikoiden kohdalla kyselyn ja tietokannan tulokset eivät tue aukottomasti toisiaan.

Huokoskaasukäsittelyä pidettiin edullisena ja helppona toteuttaa, lisäksi sen etuihin lueteltiin tiedon, kaluston ja kunnostusluvan helppo saatavuus sekä kaivun välttäminen kohteessa ja menetelmän riskittömyys ja soveltuvuus haihtuville yhdisteille. Kunnostuksen nopeudessa huokoskaasukäsittely ei kerännyt vastaajilta pisteitä, ja suurin osa piti menetelmällä kunnostetun alueen puhdistustulosta epävarmana. Tehty tietokanta tukee kyselyn tuloksia. Tietokannan kunnostuspäätöksistä 35 %:ssa huokoskaasukäsittely on mainittu kunnostuskohteessa käytettävien kunnostusmenetelmien joukossa, kunnostus kestää yleensä useamman kuukauden eikä puhdistustulos ole aina toivottu. Tietokannasta voitiin havaita myös menetelmään liittyvän teknisiä ongelmia kunnostuksen aikana.

Biostimulaation eduksi katsottiin menetelmän edullisuus ja kaivun välttäminen kunnostettavassa kohteessa. Tietokannan tapauksista noin 44 %:ssa kunnostuspäätöksistä on mainittu kunnostusmenetelmänä biostimulaatio tai biostimulaation ja bioaugmentaation yhdistelmä. Biostimulaation avulla tehtävät maaperän kunnostukset kestävät yleensä vuoden tai kauemmin ja menetelmää käytettäessä yleisimmät esiintyvät ongelmat liittyvät maaperän olosuhteisiin, erilaisten aineiden, esimerkiksi ravinteiden, pitoisuuksien nousuun ympäristössä sekä puutteelliseen esiselvitykseen, myös tällä menetelmällä toteutetun kunnostuksen lopputulos on melko epävarma.

Kemiallista hapetusta on käytetty niin tietokannan kuin kyselynkin perusteella, mutta kuuluuko se todella käytetyimpien tekniikoiden joukkoon, on hieman tulkinnan varaista kerätyn ja saadun aineiston vähyyden takia. Kyseisestä tekniikasta kuitenkin on Suomessa käyttökokemuksia, 12 %:ssa tietokannan tapauksista oli mainittu kunnostusmenetelmänä kemiallinen hapetus. Tekniikan eduksi katsottiin kaivun välttäminen kunnostettavassa kohteessa ja sillä vaikuttaisi kyselyn perusteella olevan oma kannattajaryhmänsä. Tuloksista saa sen vaikutelman, että kyseessä saattaa olla aivan toimiva menetelmä, mutta siitä ei ole vielä tarpeeksi tietoa ja kokemusta. Yksi kemialliseen hapetukseen liittyvä ongelma on se, että se saattaa aiheuttaa ympäristössä luontaisesti esiintyvien aineiden pitoisuuksien nousua maaperässä ja pohjavedessä.

Eristyksen osalta kootussa tietokannassa ei ollut kuin yksi kohde, jossa eristystä oli ehdotettu kunnostusmenetelmäksi. Kyselyn perusteella eristystä kuitenkin oli käytetty ahkerasti eri haitta-aineilla pilaantuneille maa-alueille. Eristyksen lukeutumista käytetyimpiin *in situ* -kunnostusmenetelmiin tukee myös se, että tietokantaa varten kerättyjen uusien - vielä kirjaamattomien - tapauksien joukossa oli useampia kohteita, joissa kunnostusmenetelmäksi oli ehdotettu eristystä. Eristyksen eduksi katsottiin mm. menetelmän edullisuus, nopea ja helppo toteuttaminen sekä tiedon saatavuus.

Käytetyimmiksi *ex situ* -tekniikoiksi nousivat ylivoimaisesti kaatopaikkakäsittely ja kompostointi, mikä kertonee siitä, ettei maan kaivamista ja sen kunnostamista kaivamisen jälkeen - esimerkiksi huokoskaasukäsittelyllä - nähdä järkevänä, vaan parempi on kunnostaa kohteessa *in situ*- tai *on site* -menetelmillä ja

kunnostettaessa kohteen ulkopuolella nähdään paremmaksi jättää puhdistusvastuu sijoitettavaan kohteeseen eli useasti kaatopaikalle.

Käytettyjen *in situ* -kunnostusmenetelmien valintaan vaikuttivat pääasiassa menetelmien edullisuus ja kaivun välttäminen kohteessa. Kaikkia edellä mainittuja menetelmiä oli käytetty eniten juuri öljyhiilivedyillä pilaantuneille maa-alueille, joita suurin osa Suomessa kunnostettavista kohteista on. Pohjaveden kunnostustoimenpiteet koettiin yleisesti hankalaksi, ja osalla käytetyistä kunnostusmenetelmistä, esimerkiksi biostimulaatiolla, pyrittiin joissakin tapauksissa kunnostamaan samanaikaisesti niin maaperää kuin alueen pohjavettäkin.

Tietokantaa varten kerätty aineisto ja kyselyyn saadut vastaukset ovat riittämättömiä yleisten linjojen vetämiseksi, myös yksiselitteisten johtopäätösten tekeminen kyselyn pohjalta osoittautui hankalaksi. Saadut tulokset kuitenkin kertovat suuntaa antavasti, mikä on Suomen tilanne *in situ* -kunnostusten osalta tänä päivänä. Tulevaisuudessa maankunnostus ja muut ympäristöön liittyvät asiat tulevat olemaan yhä olennaisempi osa maankäytön suunnittelua. Näiden asioiden vuoksi tähän opinnäytetyöhön tehtyä tietokantaa tullaan RIMA-projektin tiimoilta vielä täydentämään, jotta Suomessa tehdyistä *in situ* -kunnostuksista ja niiden toteutuksista saadaan laajempi käsitys. Kyselystä saadut tulokset puolestaan viittaavat siihen, että maankunnostusta tehdään, mutta asiat voitaisiin hoitaa nykyistä tehokkaammin.

Erikoissuunnittelija Outi Pyy Suomen ympäristökeskuksesta totesi 19.4.2013 järjestetyssä Remediatioseminaarissa Lahdessa, että nykyisellä tahdilla pelkästään MATTI-rekisterissä olevissa kunnostusta kaipaavissa kohteissa maaperän kunnostustöitä riittäisi vielä noin viideksikymmeneksi vuodeksi, mutta samaisessa seminaarissa myöhemmin käydyssä keskustelussa tulivat ilmi uudet haasteet, joista mainittiin mm. nykyisten maankunnostuksen asiantuntijoiden eläköityminen ja uudet mahdollisesti maaperän pilaantumista aiheuttavat aineet; esimerkiksi makeutusaineista ollaan huolissaan tulevaisuudessa maata pilaavina aineina (Pyy 2013a).

Keskustelussa nousi esiin myös ihmisten ja lemmikkieläinten ulosteen kautta mahdollisesti ympäristöön päätyvät lääkeainejäämät, jotka taas voivat kertyä esimerkiksi ruokakasveihin tai kulkeutua ajan myötä pohjaveteen. Muita silmällä pidettäviä aineita ovat maataloudessa käytetyt torjunta-aineet kuten neonikotinoidit ja uudet nanopartikkeleita sisältävät aineet, joiden käyttäytymistä ja ympäristövaikutuksia ei vielä täysin tunneta (Romantschuk 2013).

Opinnäytetyön tekemistä helpotti RIMA-projektin ja siinä työskentelevien henkilöiden tunteminen entuudestaan kesätöiden kautta. Näin ollen taustatyöhön ei uponnut turhaan aikaa ja varsinaiseen työhön pääsi käsiksi pikimmiten. Monet koulutuksen kautta hankitut taidot osoittautuivat hyödyllisiksi opinnäytetyöprosessin aikana.

Kaiken voi kuitenkin aina tehdä paremmin, ja tämän opinnäytetyön osalta asioita olisi voitu hoitaa järjestelmällisemmin ja selkeämmin. Tietokannan kanssa ongelmia aiheutti se, että sitä oli työstänyt useampi henkilö eri ajanjaksoina, mistä taas saattoi seurata samojen tietojen läpikäyntiä useampaan otteeseen. Osa loppuraporteista tietokantaa varten jäi saamatta, mikä johtui siitä, etteivät kaikki tietokantaan valitut kunnostuskohteet olleet vielä loppuun asti kunnostettuina, myös joitakin kunnostuspäätöksiä jäi saamatta.

Kyselyn osalta ongelmia aiheuttivat kyselyn ulkoasun asettelu ja kysymysten muotoilu. Kysymysten muotoilu vastaajien näkökulmasta yksiselitteisemmäksi olisi vähentänyt tulkinnanvaraisuutta ja karsinut väärinymmärrysten mahdollisuutta. Yleisesti toteutettu kysely Internetissä sähköpostikyselyn sijaan olisi voinut tuoda kyselyyn enemmän vastaajia, mutta henkilökohtaisempaa sähköpostikyselyä päätettiin kuitenkin käyttää vastaajien paremman jäljitettävyyden vuoksi, koska kaikki kyselyyn vastanneet kutsuttiin Lahdessa järjestettyyn remediaario -seminaariin, eikä kutsun jakaminen yleisen kyselyn kautta olisi välttämättä tavoittanut kohderyhmäänsä.

## LÄHTEET

Alaja, T. Ympäristövahingot ja niiden kustannukset vuosina 2000-2005. 2007. Helsinki: Edita Prima Oy.

Alanko, K. & Järvinen K. 2001. Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen yleissuunnitelma. Helsinki: Oy Edita Ab.

Antila, A., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2009. Tekniikan kemia. 10.-11. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Bioteknologia info. 2013. Sanasto [viitattu 3.5.2013]. Saatavissa: <http://www.bioteknologia.info/lisatietoa/sanasto/>

Eskola, P., Laaksonen, R., Mroueh, U.-M., Mäkelä, E., Pasanen, A., Vahanne, P. & Wahlström, M. 2004. Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta. Vantaa: Dark Oy.

Haahti, H. & Pikkarainen, M.-L. 2013. PCB ja DDT Itämeren silakassa. Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos ja ympäristöministeriö [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa: [http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/haitalliset\\_aineet/fi\\_FI/pcb\\_ja\\_ddt/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/haitalliset_aineet/fi_FI/pcb_ja_ddt/)

Hallikainen, A., Hietaniemi, V., Kankaanpää, H., Karlström, U., Kiviranta, H., Koivisto, P., Komulainen, H., Kostamo, P., Kostiainen, E., Kurttio, P., Niemi, E., Nuotio, K., Pohjanvirta, R., Rajakangas, L., Rantakokko, P., Rautala, T., Siivinen, K., Tuomaala V., Turtiainen, T., Verta, M. & Viluksela, M. 2010. Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. 15/2010. Uudistettu painos. Helsinki: Elintarviketurvallisuusvirasto Evira.

Helakallio, A. 2010. PAH-yhdisteillä pilaantuneen maan kemiallinen hapetus. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala. Ympäristötekniikan opinnäytetyö.

Häkkinen, A. 2009. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2007 – viisivuotisselvitys. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö

Häkkinen, J., Kiiski, A., Malk, V., Myyrä, M. & Penttinen, O.-P. 2010. Kemikaalikuljetusonnettomuuteen varautuminen Kymenlaaksossa –

ympäristöriskien arviointi ja puhdistusmenetelmien vertailu. Helsinki:  
Yliopistopaino

Hämeenlinnan kaupunki. 2012. Kemikaalit ja ympäristö [viitattu 21.5.2013].  
Saatavissa: <http://www.hameenlinna.fi/Asuminen-ja-ymparisto/Valvonta/Kemikaalit/Kemikaalit-ja-ymparisto/>

Ositum. 2013. Polyklooratut bifenyylit (PCB) [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ositum.fi/index.php?p=PCB>

Pasanen, J. 2004. Vanhoissa öljysäiliöissä vaanii vaara. Pellervo [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: [http://www.pellervo.fi/pellervo/kp3\\_04/oljyvaara.htm](http://www.pellervo.fi/pellervo/kp3_04/oljyvaara.htm)

Penttinen, R. 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus, yleisimpien menetelmien esittely. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.

Pyy, O. 2013a. Paneelikeskustelu maaperän kunnostuksen nykytilanteesta ja tulevaisuudesta. Remediatioseminaari Lahdessa 19.4.2013.

Pyy, O. 2013b. Pilaantuneet maat ja niiden kunnostaminen Suomessa. Remediatioseminaari Lahdessa 19.4.2013. Saatavissa:  
[http://www.rimaproject.eu/pdf/Outi\\_Pyy.pdf](http://www.rimaproject.eu/pdf/Outi_Pyy.pdf)

Rantalainen, A.-L. 2007. Ympäristökemia. Helsingin yliopiston luentomateriaalia.

Rautio, H. 2007. Pursialan alueen kloorifenolien päästölähde varmistumassa. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=260672&lan=fi>

Romantschuk, M. 2013. Ympäristöbiotekniikan professori. Helsingin yliopisto. Keskustelu 3.5.2013.

Silvola, M. 2012. Maaperän tilan tietojärjestelmä. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 29.4.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=286183>

Suomen ympäristökeskus. 2009. DDT. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=2542&lan=fi#a2>

Suomen ympäristökeskus. 2011a. Dioksiininit ja furaanit. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 5.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=2549&lan=fi#a2>

Suomen ympäristökeskus. 2011b. Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 6.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11121&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2012. Pohjavesi. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 13.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=414591&lan=FI>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2013a. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:

[http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/dioksiinit\\_pcbt](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/dioksiinit_pcbt)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2013b. Metyylielohopea [viitattu 5.5.2013]. Saatavissa:

[http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/metyylielohopea](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/metyylielohopea)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2013c. Torjunta-aineet [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:

[http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/torjuntaaineet](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/ymparistomyrkyt/tarkemmin/torjuntaaineet)

Tonteri, T. 2012. Kloorattujen eteenien anaerobinen dehalogenaatio. Tampereen ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan opinnäytetyö.

Työterveyslaitos. 2008. Etyylibentseeni. Työterveyslaitos [viitattu 15.5.2013]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0268.htm>

Työterveyslaitos. 2010. PAH-yhdisteet: terveysvaikutukset ja altistuminen [viitattu 10.5.2013]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista\\_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet\\_ja\\_niiden\\_esiintyminen/terveysvaikutukset\\_ja\\_altistuminen/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/terveysvaikutukset_ja_altistuminen/Sivut/default.aspx)

Työterveyslaitos. 2011a. OVA-ohje: Bentseeni [viitattu 5.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/ova/bentseen.html>.

Työterveyslaitos. 2011b. OVA-ohje: Ksyleeni [viitattu 5.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/ova/ksyleeni.html>

Työterveyslaitos. 2011c. OVA-ohje: Tolueeni [viitattu 5.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/ova/tolueeni.html>.

Työterveyslaitos. 2012. OVA-ohje: Kaliumsyaniidi ja syaanivety [viitattu

5.5.2013]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/kaliumsy.html>

Uotila, J. 2013 Maaperän on site-kunnostus. Esitys Remediaatioseminaarissa Lahdessa 19.4.2013.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjearvot –liite. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>

Vanajavesikeskus. 2013. Henkilökuva: Sisko Siiankoski – kalastaja ja kunniapuheenjohtaja [viitattu 21.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.vanajavesi.fi/viesteja-vanajavedella/henkilokuva-sisko-siiankoski-kalastaja-ja-kunniapuheenjohtaja>

Ympäristöhallinto. 2013. Polttonesteiden jakeluasemat. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=25502&lan=fi>

Ympäristönsuojelulaki 2000/86. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>



Öljyalan Keskusliitto. 2013a. Huoltoasemat. Öljyalan Keskusliitto [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-4-huoltoasemat/41-huoltoasemat>


Öljyalan Keskusliitto. 2013b. Lämmitysöljysäiliöt. Öljyalan Keskusliitto [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/lammitysoljy/lammitysoljysailiot>

Öljyalan Keskusliitto. 2013c. Öljytuotteiden myynti. Öljyalan Keskusliitto [viitattu 4.6.2013]. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/34-oljytuotteiden-myynti>

## LIITTEET

- LIITE 1. Webropol-kyselylomake
- LIITE 2. Kyselyyn vastanneiden käyttämät in situ-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille maaperässä
- LIITE 3. Kyselyyn vastanneiden käyttämät ex situ-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille maaperässä
- LIITE 4. Kyselyyn vastanneiden käyttämät in situ-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille pohjavedessä
- LIITE 5. Kyselyyn vastanneiden käyttämät ex situ-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille pohjavedessä
- LIITE 6. Muita, kuin kyselyssä mainittuja vastaajien käyttämiä maan ja pohjaveden *in situ*- ja ex situ -kunnostusmenetelmiä eri haitta-aineille
- LIITE 7. Kysymyksen 5a (Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemianne tekniikoita?) vastauksia taulukoituna
- LIITE 8. Muita syitä kysymyksessä 5a (Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemianne tekniikoita?) valittujen menetelmien suosimiseen
- LIITE 9. Kysymyksen 6 (Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saastuneille kohteille? Miksi?) vastauksia taulukoituna
- LIITE 10. Kysymyksen 6 (Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saastuneille kohteille? Miksi?) vastauksia graafisena
- LIITE 11. Kysymyksen 6, kohdan ”Huonona kunnostustekniikkana pidetty tekniikka ei sovellu kunnostuskohteisiin. Miksi?” -vastauksia
- LIITE 12. Kyselyyn vastanneiden avoimet vastaukset kysymyksiin 9a - 9d

## LIITE 1. Webropol-kyselylomake



### KYSELY SAASTUNEEN MAAPERÄN / POHJAVEDEN KUNNOSTAMISESTA

**Vastaaajan toimiala \***

**Viranomais**

☐ Ympäristöhallinto  
☐ ELY-keskus  
☐ Kunnan ympäristöviranomais  
☐ Muu, mikä?

**Asiantuntija**

☐ Urakoitsija / Puhdistuksen toteuttaja  
☐ Konsultti  
☐ Tutkija  
☐ Muu, mikä?

**Seuraava -->**

---

**Oletteko käyttäneet / suositelleet / tutkineet *in situ*-tekniikoita?**

☐ kyllä  
☐ ei

**Oletteko käyttäneet / suositelleet / tutkineet *ex situ*-tekniikoita?**

☐ kyllä  
☐ ei

---

**Mitä tekniikoita olette käyttäneet tai suositelleet käytettäväksi eri yhdisteillä saastuneille kohteille?**

Tarkemmat määritelmät kunnostustekniikoista on luettelo alla. Mikäli haluatte kirjoittaa "Muu, mikä?"-kohtaan, huomauttaa, että teidän on valittava ensin yhdiste ja vasta sen jälkeen voitte kirjoittaa käyttämäne kunnostustekniikan.

	Olyyhäilyvedyt C10-C21	Olyyhäilyvedyt C21-C40	Bensiinihilyvedyt C5-C10 ja BTEX	Metallit / PAH puolimetallit	Torjunta- aineet	Klooratut luotimet	Kloorifenolit	Dioksiinit ja furaanit	Syanidi	
<b>IN SITU</b>										<b>Muu yhdiste, mikä?</b>
<b>Maa</b>										<b>Maa</b>
Kemiallinen hapetus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Huokoskaasukäsittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Elektrokinettiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Biostimulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Bioaugmentaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Biotuuletus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Stabilointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Eristys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Maan huuhtelu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Luontainen biohajoaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Muu <i>in situ</i> menetelmä maaalle, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<b>Pohjavesi</b>										<b>Pohjavesi</b>
Pohjaveden ilmastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Reaktiiviset seinämat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Muu <i>in situ</i> menetelmä pohjavedelle, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Menetelmien selitykset

**Bioaugmentaatio (bakteereiden lisäys)** = maaperään lisätään bakteereita tehostamaan luonnollista biologista puhdistumista.  
**Biostimulaatio (ravinteiden lisäys) / Tehostettu biologinen puhdistus** = maaperään lisätään elektronakseptoria (esim. happi) ja ravinteita.  
**Biotuuletus / Biologinen ilmahuuhtelu / Bioventing** = maaperään johdetaan happea tai ilmaa.  
**Elektrokineettiset menetelmät** = maaperästä poistetaan haitta-aineita sähkökemiallisilla ja -kineettisillä menetelmillä.  
**Eristys** = pilaantuneen maaperän haitta-aineden leväminen ja kulkeminen ympäristöön estetään.  
**Huokoskaasukäsittely / Huokosilmakäsittely** = alipaineen avulla maasta poistuva haitta-aineita sisältävä kaasu käsitellään esimerkiksi aktiivihillsuodatuksella.  
**Hyötykäyttö ilman käsittelyä** = pilaantunut maaperä hyötykäytetään käsittelemättömänä käyttämällä sitä esimerkiksi kaatopaikkarakenteissa.  
**Kaatopaikkakäsittely / Kaatopaikkasijoitus ilman hyötykäyttöä** = pilaantunut maa-aines kaivetaan ja välivarastoidaan tai sijoitetaan kaatopaikalle.  
**Kemiallinen hapetus** = käytetään hapetinta hapettamaan haitta-aineita maaperästä.  
**Kompostointi** = pilaantunut maa-aines kaivetaan ja kompostoidaan kompostointilaitoksissa, -altaissa tai bioreaktoreissa, joissa mikrobit hajottavat haitta-aineita.  
**Luontainen biohajoaminen** = maaperän annetaan puhdistua hyväksyttävälle tasolle maaperässä luontaisesti tapahtuvien biologisten, kemiallisten ja fyysikaalisten prosessien vaikutuksesta.  
**Maan huuhtelu** = maahan imeytetään tai pohjaveteen injektoidaan vettä, jolloin pohjaveden pinta nousee pilaantuneeseen maakerrokseen ja huuhtoo haitta-aineet pohjaveteen, joka johdetaan käsiteltäväksi.  
**Maan pesu** = maapartikkelihin sitoutuneet haitta-aineet erotetaan maa-aineksesta veden avulla.  
**Pohjaveden ilmastus** = pohjavettä ilmastetaan haittuvien yhdisteiden poistumisen nopeuttamiseksi.  
**Pump&treat / Pohjaveden pumppaus käsiteltäväksi** = pilaantunut pohjavesi pumpataan maan pinnalla sijaitsevaan käsittelylaitokseen puhdistettäväksi ja käsiteltäväksi.  
**Reaktiiviset seinämät** = Pilaantunut pohjavesi virtaa maaperään asennetun reaktiivisen seinämän läpi. Seinämässä erilaiset prosessit sitovat tai hajottavat haitta-aineita.  
**Stabilointi / Kinteytys** = haitta-aineden kulkutumista ympäristöön rajoitetaan sitomalla ne maa-ainekseen.  
**Termiset menetelmät / Terminen desorptio / Terminen käsittely / Termodesorptio / Poltto** = haitta-aineita haihdutetaan, erotetaan tai tuhoetaan pilaantuneesta maasta lämmön avulla.

Helakallio, A. 2010. PAH-yhdisteillä pilaantuneen maan kemiallinen hapetus. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala. Ympäristötekniikan opinnäytetyö.

Penttinen, R. 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus, yleisimpien menetelmien esittely. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.

	Öljyhiilivedyt C10-C21	Öljyhiilivedyt C21-C40	Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	Metallit / PAH puolimetallit	Torjunta- aineet	Klooratut luottimet	Dioksiini ja furaanit	Syanidi	
<b>EX SITU</b>									
<b>Maa</b>									<b>Muu yhdiste, mikä?</b>
Kemiallinen hapetus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Huokoskaasukäsittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektrokineettiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biostimulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioaugmentaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biotuuletus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stabilointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kompostointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Termiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maan pesu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaatopaikkakäsittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hyötykäyttö ilman käsittelyä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu ex situ menetelmä maalle, mikä? <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Pohjavesi</b>									<b>Pohjavesi</b>
Pump & treat, käsittelymenetelmä? <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentteja liityen yllä olevaan kysymykseen									
<div></div>									

Mitkä ovat kolme eniten käyttämäännne *in situ*- ja kolme eniten käyttämäännne *ex situ*-kunnostustekniikkaa pilaantuneille kohteille?

IN SITU

- ☐ Kemiallinen hapetus
- ☐ Huokoskaasukäsittely
- ☐ Elektrokineettiset menetelmät
- ☐ Biostimulaatio
- ☐ Bioaugmentaatio
- ☐ Biotuuletus
- ☐ Stabilointi
- ☐ Eristys
- ☐ Maan huuhtelu
- ☐ Luontainen biohajoaminen
- ☐ Pohjaveden ilmastus
- ☐ Reaktiiviset seinämät
- ☐ Muu, mikä?

EX SITU

- ☐ Kemiallinen hapetus
- ☐ Huokoskaasukäsittely
- ☐ Elektrokineettiset menetelmät
- ☐ Biostimulaatio
- ☐ Bioaugmentaatio
- ☐ Biotuuletus
- ☐ Stabilointi
- ☐ Kompostointi
- ☐ Termiset menetelmät
- ☐ Maan pesu
- ☐ Kaatopaikkakäsittely
- ☐ Hyötykäyttö ilman käsittelyä
- ☐ Pump & treat
- ☐ Muu, mikä?

Kommentteja liityen yllä olevaan kysymykseen

<-- Edellinen

Seuraava -->

Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemanne kunnostustekniikoita? Antakaa kunnostustekniikalle myös arvosana asteikolla 1 - 10, jossa 1 = kunnostustekniikka toimii harvoin toivotulla tavalla ja 10 = kunnostustekniikka toimii aina toivotulla tavalla.

		Hyvä puhdistustulos		Menetelmän edullisuus	Menetelmän nopeus	Kunnostusluvun helppo saaminen	Tiedon saatavuus menetelmästä	Menetelmän helppo toteuttaminen	Muita syitä, mitä?	Arvosana
Kemiallinen hapetus (in situ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Huokoskaasukäsittely (in situ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Eristys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Stabilointi (ex situ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kompostointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Termiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Kommenteja liittyen yllä olevaan kysymykseen

<- Edellinen

Seuraava ->

Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saatuneille kohteille? Miksi?

	Epävarmuus puhdistustuloksesta	Hinta	Kunnostuksen kesto	Lupamenettelyn kesto	Tiedon puute / Kokemattomuus menetelmästä	Ei sovi kohteisiin, miksi?	Muu syy, mikä?
<b>IN SITU</b>							
<b>Maa</b>							
Kemiallinen hapetus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Huokoskaasukäsittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Elektrokinettiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Biostimulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bioaugmentaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Biotuuletus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Stabilointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Eristys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maan huuhdelu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Luontainen biohajoaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Pohjavesi</b>							
Pohjaveden ilmastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Reaktiiviset seinämat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	Epävarmuus puhdistustuloksesta	Hinta	Kunnostuksen kesto	Lupamenettelyn kesto	Tiedon puute / kokemattomuus menetelmästä	Ei sovi kohteisiin, miksi?	Muu syy, mikä?
<b>EX SITU</b>						<b>Maa</b>	<b>Maa</b>
Kemiallinen hapatus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Huokoskaasukasittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektrokinettiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biostimulaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bioaugmentaatio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biotuuletus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stabilointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kompostointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Termiset menetelmät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maan pesu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaatoaikkakasittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hyötykäyttö ilman käsittelyä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Pohjavesi</b>						<b>Pohjavesi</b>	<b>Pohjavesi</b>
Pump & treat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentteja liityen yllä olevaan kysymykseen							
<div></div>							

**Asettaakaa seuraavat maankunnostukseen liittyvät asiat tärkeysjärjestykseen sen mukaan kuinka paljon ne vaikuttavat käytettävän kunnostustekniikan valintaan. 5 = vaikuttaa eniten, 1 = vaikuttaa vähiten.**

	5	4	3	2	1
Kohteessa havaitut saasteyhdisteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kunnostettavan kohteen koko	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kunnostuksen kustannus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kunnostuksen kesto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kunnostukseen vaadittava lupamenettely	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kommentteja liityen yllä olevaan kysymykseen					
<div></div>					
<div>&lt;-- Edellinen</div> <div>Seuraava --&gt;</div>					

**Mikä on arvionne siitä kuinka paljon maankunnostus maksaa €/m<sup>3</sup>**

keskimäärin?

halvimmillaan?

kalleimmillaan?

Kommentteja liityen yllä olevaan kysymykseen

<-- Edellinen

Seuraava -->

**Mikä on mielestänne kustannustehokkain kunnostustekniikka Suomen olosuhteissa?**

**Minkä tai millaisten kunnostustekniikoiden käyttöä tulisi Suomessa lisätä ja miksi?**

**Mitkä tekijät vaikuttaisivat käytön lisäämiseen näiden tekniikoiden kohdalla?**

**Tarvitaanko eri kunnostustekniikoista lisää tietoa? Mistä tekniikoista? Millaista tietoa?**

[<-- Edellinen](#)

[Seuraava -->](#)

**Voitte halutessanne tallentaa yhteystietonne.**

Etunimi

Sukunimi

Matkapuhelin

Sähköposti

Osoite

Postinumero

Postitoimipaikka

Yritys / Organisaatio

[<-- Edellinen](#)

[Lähetä](#)

LIITE 2. Kyselyyn vastanneiden käyttämät *in situ*-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille maaperässä

IN SITU MAA	Bioaugmentaatio	Biostimulaatio	Biotuuletus	Elektrokineettiset menetelmät	Huokoskaasukäsittely	Kemiallinen hapetus	Sienikäsittely
Öljyhiilivedyt C10-C21	5	16	10	4	18	14	0
Öljyhiilivedyt C21-C40	3	12	8	5	8	11	0
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	3	7	5	2	33	10	0
PAH	1	4	3	4	3	5	0
Metallit / puolimetallit	0	0	0	2	0	0	0
PCB	1	0	0	1	0	0	0
Torjunta-aineet	2	0	1	1	0	0	0
Klooratut liuottimet	1	2	2	1	14	4	0
Kloorifenolit	2	2	1	1	0	2	0
Dioksiinit ja furaanit	0	0	0	1	0	0	1
Syanidi	0	0	0	0	1	1	0
IN SITU MAA	Stabilointi	Terminen käsittely on situ	Maan huuhtelu	Anaerobinen dehalogenointi	Fytoremediaatio	Eristys	Luontainen biohajoaminen
Öljyhiilivedyt C10-C21	0	1	2	1	1	11	16
Öljyhiilivedyt C21-C40	2	1	2	1	1	16	15
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	0	1	3	0	0	5	10
PAH	5	1	1	0	0	16	6
Metallit / puolimetallit	18	1	2	0	0	20	0
PCB	3	1	1	0	0	13	0
Torjunta-aineet	1	1	0	0	0	5	0
Klooratut liuottimet	0	1	1	1	0	3	0
Kloorifenolit	1	1	0	0	0	5	3
Dioksiinit ja furaanit	5	1	0	0	0	16	0
Syanidi	1	1	1	0	0	10	0



LIITE 3. Kyselyyn vastanneiden käyttämät *ex situ*-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille maaperässä

EX SITU MAA	Bioaugmentaatio	Biostimulaatio	Biotuuletus	Elektrokineettiset menetelmät	Huokoskaasukäsittely	Kemiallinen hapetus	Sienikäsittely	Stabilointi
Öljyhiilivedyt C10-C21	1	5	2	3	11	4	0	7
Öljyhiilivedyt C21-C40	2	4	2	3	7	4	0	8
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	0	3	2	1	20	2	0	2
PAH	1	1	0	1	1	2	0	8
Metallit / puolimetallit	0	0	0	2	0	0	0	22
PCB	1	1	0	1	0	0	0	4
Torjunta-aineet	1	2	0	1	0	1	0	2
Klooratut liuottimet	1	1	1	1	11	2	0	1
Kloorifenolit	1	2	0	1	0	1	0	3
Dioksiinit ja furaanit	0	0	0	1	0	0	1	7
Syanidi	0	0	0	0	0	0	0	5
EX SITU MAA	Termiset menetelmät	Maan pesu	Hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	Kaatopaikkakäsittely	Kompostointi	Muu menetelmä	
Öljyhiilivedyt C10-C21	18	4	1	14	25	22	1	
Öljyhiilivedyt C21-C40	16	4	1	15	25	19	0	
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	15	3	1	7	16	6	0	
PAH	12	2	1	11	21	7	1	
Metallit / puolimetallit	3	8	1	18	25	0	0	
PCB	7	2	1	6	17	0	0	
Torjunta-aineet	7	1	1	4	14	1	0	
Klooratut liuottimet	10	1	1	3	11	2	0	
Kloorifenolit	9	1	1	4	15	8	0	
Dioksiinit ja furaanit	14	1	1	7	19	0	1	
Syanidi	6	1	1	2	14	0	0	

LIITE 4. Kyselyyn vastanneiden käyttämät *in situ*-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille pohjavedessä

IN SITU POHJAVESI	Biostimulaatio	Elektrokineettinen hapetus	Kemiallinen hapetus	Kierrätys	Luontainen biohajoaminen
Öljyhiilivedyt C10-C21	4	1	2	1	2
Öljyhiilivedyt C21-C40	2	1	0	0	0
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	4	1	2	1	2
PAH	1	1	0	0	0
Metallit / puolimetallit	0	1	0	0	0
PCB	0	1	0	0	0
Torjunta-aineet	1	1	0	0	0
Klooratut liuottimet	4	1	2	0	2
Kloorifenolit	1	1	0	0	0
Dioksiinit ja furaanit	0	1	0	0	0
Syanidi	0	0	0	0	0
IN SITU POHJAVESI	Muu menetelmä	Nanorautakäsittely	Pohjaveden ilmastus	Pumppaus ja aktiivihiilikäsittely	Reaktiiviset seinämät
Öljyhiilivedyt C10-C21	2	0	9	0	0
Öljyhiilivedyt C21-C40	2	0	6	0	0
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	1	0	16	0	1
PAH	0	0	2	0	3
Metallit / puolimetallit	0	0	0	0	1
PCB	0	0	0	0	0
Torjunta-aineet	0	0	1	0	1
Klooratut liuottimet	1	1	10	1	13
Kloorifenolit	0	0	2	0	2
Dioksiinit ja furaanit	0	0	0	0	0
Syanidi	0	0	0	0	0

LIITE 5. Kyselyyn vastanneiden käyttämät *ex situ*-kunnostusmenetelmät eri haitta-aineille pohjavedessä

EX SITU POHJAVESI	Pump & treat, aktiivihiili	Pump & treat, aktiivihiili (+ H2O2 + UV)	Pump & treat, käsittelymenetelmä?	Pump & treat, pumppaus ja strippaus	Pump & treat, biologinen käsittely	Bioreaktori
Öljyhiilivedyt C10-C21	1	1	13	1	0	0
Öljyhiilivedyt C21-C40	1	1	8	1	0	0
Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX	1	1	17	1	0	0
PAH	1	1	3	0	1	0
Metallit / puolimetallit	1	0	1	0	1	0
PCB	0	0	0	0	0	0
Torjunta-aineet	0	1	1	0	0	0
Klooratut liuottimet	1	1	9	1	1	0
Kloorifenolit	1	1	5	0	1	1
Dioksiinit ja furaanit	0	0	0	0	0	0
Syanidi	0	0	2	0	0	0

LIITE 6. Muita, kuin kyselyssä mainittuja vastaajien käyttämiä maan ja pohjaveden *in situ*- ja ex situ -kunnostusmenetelmiä eri haitta-aineille

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Öljyhiilivedyt C10-C21**

- anaerobinen dehalogenointi
- Terminen käsittely on situ
- fytoimediaatio

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Öljyhiilivedyt C21-C40**

- anaerobinen dehalogenointi
- Terminen käsittely on situ
- fytoimediaatio

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: PAH**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Metallit / puolimetallit**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: PCB**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Torjunta-aineet**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Klooratut liuottimet**

- anaerobinen dehalogenointi
- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Kloorifenolit**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Dioksiinit ja furaanit**

- Terminen käsittely on situ
- sienikäsittely

**Muu *in situ* menetelmä maalle, mikä?: Syanidi**

- Terminen käsittely on situ

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Öljyhiilivedyt C10-C21**

- Elektrokineettinen hapetus
- biostimulaatio, kemiallinen hapetus, luontainen biohajoaminen
- biokäsittely/kierrätys
- biostimulaatio
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Öljyhiilivedyt C21-C40**

- Elektrokineettinen hapetus
- biostimulaatio
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX**

- Elektrokineettinen hapetus
- Kemiallinen hapetus, luontainen biohajoaminen, biostimulaatio, nanorautakäsittely (klooratut liuottimet)
- biostimulaatio, kemiallinen hapetus, luontainen biohajoaminen
- biokäsittely/kierrätys
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: PAH**

- Elektrokineettinen hapetus
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Metallit / puolimetallit**

- Elektrokineettinen hapetus

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: PCB**

- Elektrokineettinen hapetus

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Torjunta-aineet**

- Elektrokineettinen hapetus
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Klooratut liuottimet**

- Elektrokineettinen hapetus
- Kemiallinen hapetus, luontainen biohajoaminen, biostimulaatio, nanorautakäsittely (klooratut liuottimet)
- Pumppaus ja aktiivihiihkäsittely

- biostimulaatio, kemiallinen hapetus, luontainen biohajoaminen
- biostimulaatio
- anaerobinen
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Kloorifenolit**

- Elektrokineettinen hapetus
- biostimulaatio

**Muu *in situ* menetelmä pohjavedelle, mikä?: Dioksiinit ja furaanit**

- Elektrokineettinen hapetus

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Öljyhiilivedyt C10-C21**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Öljyhiilivedyt C21-C40**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: PAH**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Metallit / puolimetallit**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: PCB**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Torjunta-aineet**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Klooratut liuottimet**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Kloorifenolit**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Dioksiinit ja furaanit**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen
- sienikasittely

**Muu *ex situ* menetelmä maalle, mikä?: Syanidi**

- hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Öljyhiilivedyt C10-C21**

- Aktiivihiili
- Pumppaus ja strippaus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Öljyhiilivedyt C21-C40**

- Aktiivihiili
- Pumppaus ja strippaus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Bensiinihiilivedyt C5-C10 ja BTEX**

- Aktiivihiili
- Pumppaus ja strippaus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: PAH**

- biologinen käsittely / aktiivihiilisuodatus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Metallit / puolimetallit**

- biologinen käsittely / aktiivihiilisuodatus

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Torjunta-aineet**

- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Klooratut liuottimet**

- biologinen käsittely / aktiivihiilisuodatus
- Pumppaus ja strippaus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)

**Pump & treat, käsittelymenetelmä?: Kloorifenolit**

- biologinen käsittely / aktiivihiilisuodatus
- aktiivihiili (+ h2O2 + uv)
- bioreaktori

LIITE 7. Kysymyksen 5a (Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemanne tekniikoita?) vastaukset taulukoituin

Muu *in situ* -menetelmä: pump & treat, terminen käsittely on situ. Muu *ex situ* -menetelmä: hyötykäyttö esikäsittelyn (seulonta) jälkeen, eristys.

IN SITU	Hyvä puhdistustulos		Menetelmän edullisuus		Menetelmän nopeus	
	Bioaugmentaatio (in situ)	0	Bioaugmentaatio (in situ)	0	Bioaugmentaatio (in situ)	0
	Biostimulaatio (in situ)	3	Biostimulaatio (in situ)	8	Biostimulaatio (in situ)	0
	Biotuuletus (in situ)	0	Biotuuletus (in situ)	2	Biotuuletus (in situ)	0
	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	0
	Eristys (in situ)	1	Eristys (in situ)	12	Eristys (in situ)	9
	Huokoskaasukäsittely (in situ)	11	Huokoskaasukäsittely (in situ)	20	Huokoskaasukäsittely (in situ)	0
	Kemiallinen hapetus (in situ)	4	Kemiallinen hapetus (in situ)	3	Kemiallinen hapetus (in situ)	4
	Luontainen biohajoaminen (in situ)	0	Luontainen biohajoaminen (in situ)	8	Luontainen biohajoaminen (in situ)	0
	Maan huuhtelu (in situ)	0	Maan huuhtelu (in situ)	0	Maan huuhtelu (in situ)	0
	Muu in situ-menetelmä	2	Muu in situ-menetelmä	1	Muu in situ-menetelmä	2
	Pohjaveden ilmastus (in situ)	3	Pohjaveden ilmastus (in situ)	5	Pohjaveden ilmastus (in situ)	1
	Reaktiiviset seinämät (in situ)	2	Reaktiiviset seinämät (in situ)	2	Reaktiiviset seinämät (in situ)	0
	Stabilointi (in situ)	2	Stabilointi (in situ)	0	Stabilointi (in situ)	2
	Kunnostusluvan helppo saaminen		Tiedon saatavuus menetelmästä		Menetelmän helppo toteuttaminen	
	Bioaugmentaatio (in situ)	0	Bioaugmentaatio (in situ)	0	Bioaugmentaatio (in situ)	0
	Biostimulaatio (in situ)	1	Biostimulaatio (in situ)	1	Biostimulaatio (in situ)	6
	Biotuuletus (in situ)	0	Biotuuletus (in situ)	0	Biotuuletus (in situ)	2
	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	0	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (in situ)	1
	Eristys (in situ)	4	Eristys (in situ)	2	Eristys (in situ)	8
	Huokoskaasukäsittely (in situ)	13	Huokoskaasukäsittely (in situ)	8	Huokoskaasukäsittely (in situ)	10
	Kemiallinen hapetus (in situ)	2	Kemiallinen hapetus (in situ)	1	Kemiallinen hapetus (in situ)	3
	Luontainen biohajoaminen (in situ)	1	Luontainen biohajoaminen (in situ)	1	Luontainen biohajoaminen (in situ)	5
	Maan huuhtelu (in situ)	0	Maan huuhtelu (in situ)	0	Maan huuhtelu (in situ)	0
	Muu in situ-menetelmä	0	Muu in situ-menetelmä	0	Muu in situ-menetelmä	1
	Pohjaveden ilmastus (in situ)	2	Pohjaveden ilmastus (in situ)	2	Pohjaveden ilmastus (in situ)	4
	Reaktiiviset seinämät (in situ)	0	Reaktiiviset seinämät (in situ)	0	Reaktiiviset seinämät (in situ)	1
	Stabilointi (in situ)	0	Stabilointi (in situ)	0	Stabilointi (in situ)	1

EX SITU	Hyvä puhdistustulos		Menetelmän edullisuus		Menetelmän nopeus	
	Bioaugmentaatio (ex situ)	0	Bioaugmentaatio (ex situ)	0	Bioaugmentaatio (ex situ)	1
	Biostimulaatio (ex situ)	0	Biostimulaatio (ex situ)	0	Biostimulaatio (ex situ)	1
	Biotuuletus (ex situ)	0	Biotuuletus (ex situ)	0	Biotuuletus (ex situ)	0
	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	0
	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	2	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	2	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	0
	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	3	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	7	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	5
	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	6	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	13	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	16
	Kemiallinen hapetus (ex situ)	0	Kemiallinen hapetus (ex situ)	1	Kemiallinen hapetus (ex situ)	1
	Kompostointi (ex situ)	4	Kompostointi (ex situ)	15	Kompostointi	1
	Maan pesu (ex situ)	1	Maan pesu (ex situ)	1	Maan pesu (ex situ)	1
	Muu ex situ-menetelmä	0	Muu ex situ-menetelmä	1	Muu ex situ-menetelmä	0
	Pump & treat (ex situ)	2	Pump & treat (ex situ)	1	Pump & treat (ex situ)	2
	Stabilointi (ex situ)	6	Stabilointi (ex situ)	3	Stabilointi (ex situ)	8
	Termitiset menetelmät (ex situ)	5	Termitiset menetelmät (ex situ)	1	Termitiset menetelmät (ex situ)	2
	Kunnostusluvan helppo saaminen		Tiedon saatavuus menetelmästä		Menetelmän helppo toteuttaminen	
	Bioaugmentaatio (ex situ)	0	Bioaugmentaatio (ex situ)	0	Bioaugmentaatio (ex situ)	0
	Biostimulaatio (ex situ)	0	Biostimulaatio (ex situ)	0	Biostimulaatio (ex situ)	0
	Biotuuletus (ex situ)	0	Biotuuletus (ex situ)	0	Biotuuletus (ex situ)	0
	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	0	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	1	Elektrokineettiset menetelmät (ex situ)	1
	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	1	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	1	Huokoskaasukäsittely (ex situ)	2
	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	2	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	1	Hyötykäyttö ilman käsittelyä (ex situ)	8
	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	11	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	7	Kaatopaikkakäsittely (ex situ)	24
	Kemiallinen hapetus (ex situ)	0	Kemiallinen hapetus (ex situ)	0	Kemiallinen hapetus (ex situ)	1
	Kompostointi (ex situ)	5	Kompostointi (ex situ)	8	Kompostointi (ex situ)	13
	Maan pesu (ex situ)	1	Maan pesu (ex situ)	1	Maan pesu (ex situ)	1
	Muu ex situ-menetelmä	0	Muu ex situ-menetelmä	0	Muu ex situ-menetelmä	0
	Pump & treat (ex situ)	4	Pump & treat (ex situ)	4	Pump & treat (ex situ)	5
	Stabilointi (ex situ)	2	Stabilointi (ex situ)	2	Stabilointi (ex situ)	5
	Termitiset menetelmät (ex situ)	2	Termitiset menetelmät (ex situ)	0	Termitiset menetelmät (ex situ)	3



LIITE 8. Muita syitä kysymyksessä 5a (Miksi suositte edellisessä kysymyksessä valitsemianne tekniikoita?) valittujen menetelmien suosimiseen

### **Kemiallinen hapetus (*in situ*)**

- Soveltuvuus kohteeseen ja ko. haitta-aineille
- Kaivun välttäminen, kun soveltuva
- Puhdistuksesta vastaavan päätöksellä

### **Huokoskaasukäsittely (*in situ*)**

- Riskitön, kalustoa saatavilla
- toimii hyvin haihtuville yhdisteille. Pitää kuitenkin ymmärtää missä olosuhteissa...
- kaivun välttäminen, kun soveltuva
- rakenteet voidaan säilyttää
- soveltu haihtuville yhdisteille

### **Elektrokinettiset menetelmät (*in situ*)**

- kestävän kehityksen täyttävä menetelmä

### **Biostimulaatio (*in situ*)**

- kaivun välttäminen, kun soveltuva
- maanpäällinen kasvillisuus ja rakenteet säilyvät
- Puhdistuksesta vastaavan päätöksellä

### **Eristys**

- Edullinen pohjav. olosut. huomioitava
- Jos maata ei voida poistaa esim. rakenteiden vuoksi ja mikäli ympäristöolosuhteet rajoittavat varsinaista in- situa, niin eristäminen on usein ainoa keino käytännössä mitä aletaan tekemään

### **Luontainen biohajoaminen**

- Alueilla, jossa ei ole esim. maankäytön muutospaineita, voisi ottaa useammin harkintaan. "Viimeiset" jäännöspitoisuudet jäävät käytännössä aina hajoamaan luontaisesti

### **Pohjaveden ilmastus**

- Vain tietyille yhd. js maalaj.
- Voidaan yhdistää huokoskaasukäsittelyyn

### **Huokoskaasukäsittely (*ex situ*)**

- Ymmärtääkseni joillakin jäteasemilla "otetaan haihtuvat talteen" huokosilmakäsittelyllä esim. hallissa. Tämä on kuitenkin ex situ menetelmänä haihtuvien kyseessä ollen ekologinen

### **Elektrokinettiset menetelmät (*ex situ*)**

- kestävän kehityksen täyttävä menetelmä

### **Stabilointi (*ex situ*)**

- Massojenhyötykäyttö esim. kenttärakenteessa
- Edullinen mikäli yhdistetään hyötyk.
- Voidaan yhdistää kaatopaikkarakentamiseen
- ei sovellu orgaanisille haitta-aineille

### **Kompostointi**

- Perinteinen ja helppo tapa esim. öljyille
- Ei vastaanottajaa lähellä

### **Termiset menetelmät**

- varma lopputulos

### **Kaatopaikkakäsittely**

- neitseellisten materiaalien säästäminen
- Varma, yksinkertainen, edullinen ja tunnettu
- Vain kunnosustavoitteen alittavat massat

### **Hyötykäyttö ilman käsittelyä**

- Korvataan luonnonraaka-aineiden käyttöä

### **Pump & treat**

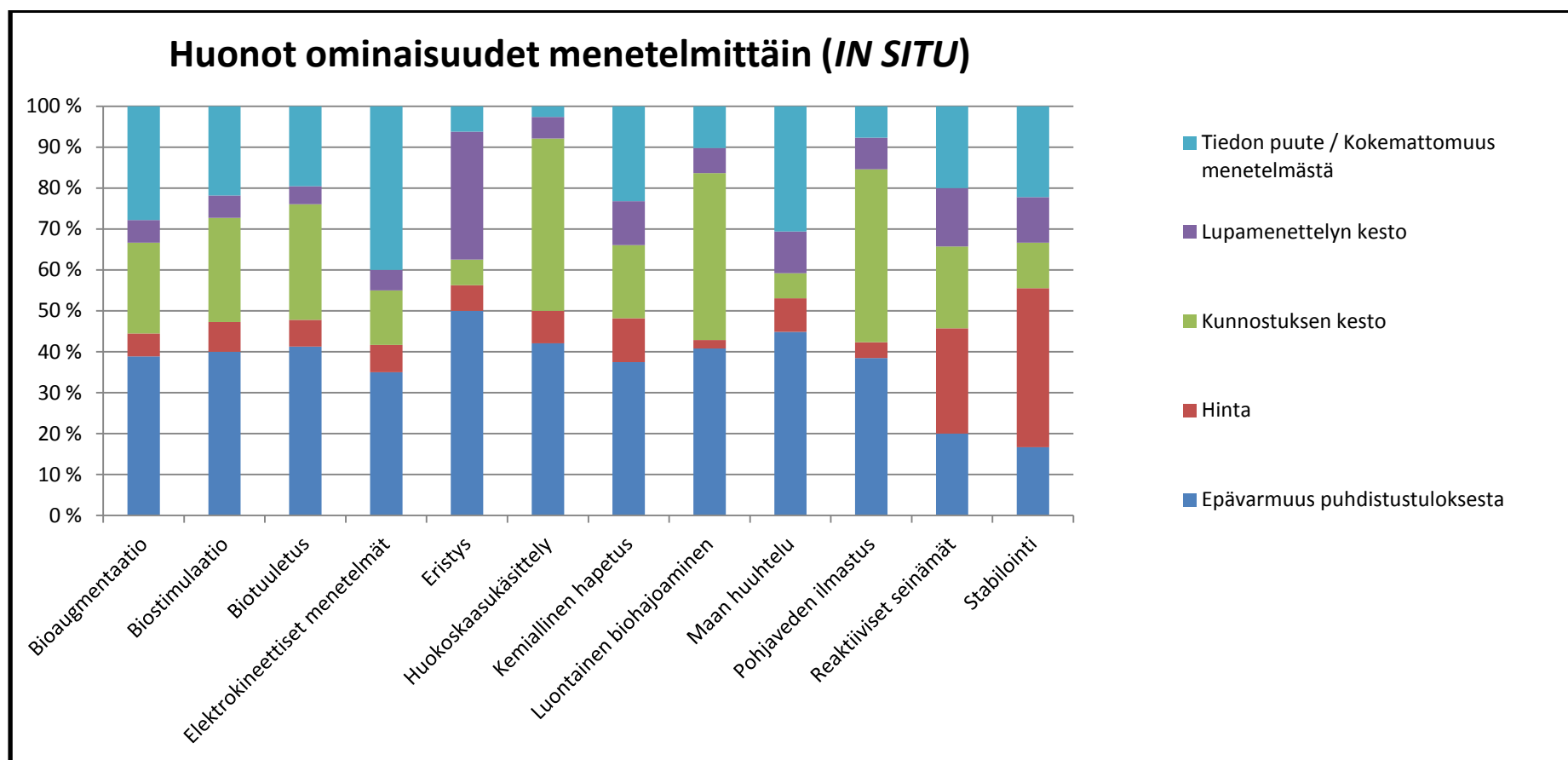
- pohjavedelle monasti ainut mahdollisuus

LIITE 9. Kysymyksen 6 (Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saastuneille kohteille? Miksi?) vastauksia taulukoituina

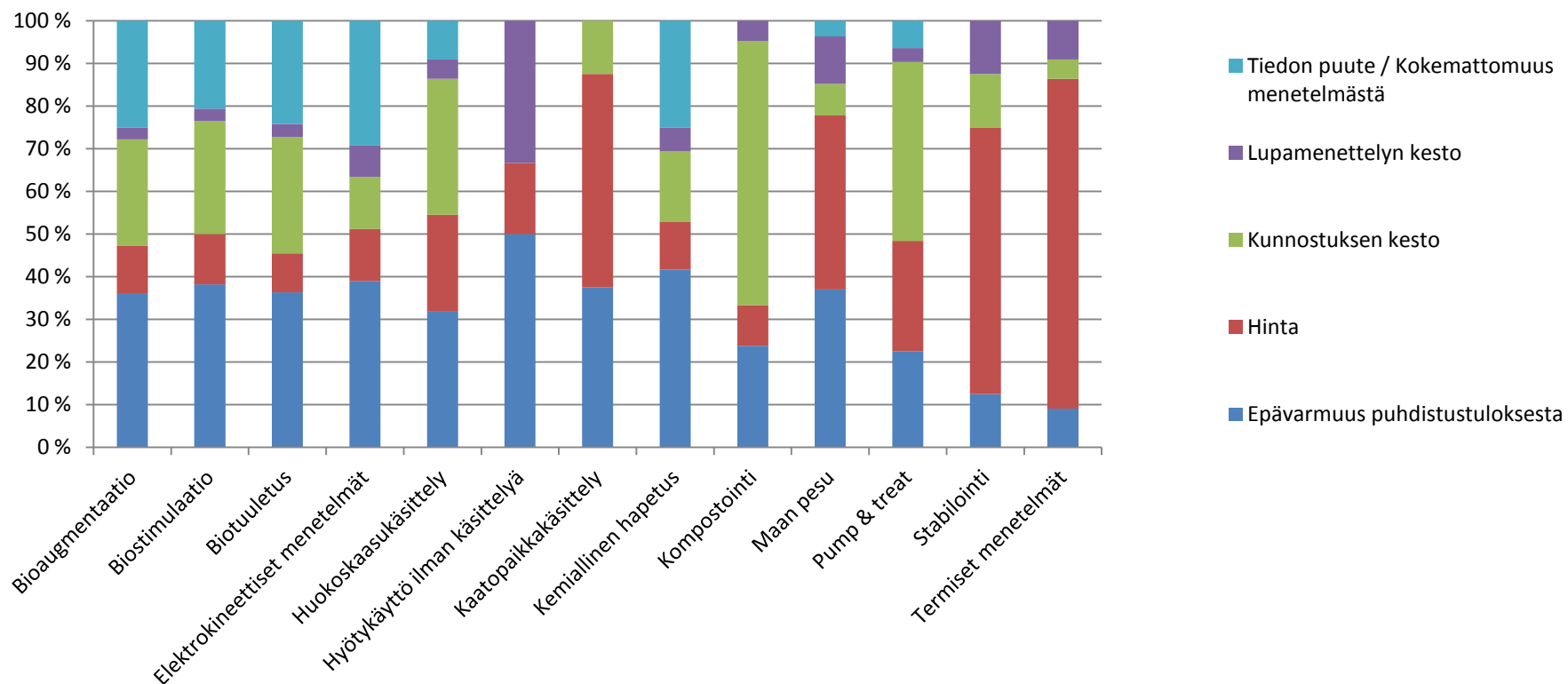
IN SITU	Epävarmuus puhdistustuloksesta		Hinta		Kunnostuksen kesto	
	Bioaugmentaatio	21	Bioaugmentaatio	3	Bioaugmentaatio	12
	Biostimulaatio	22	Biostimulaatio	4	Biostimulaatio	14
	Biotuuletus	19	Biotuuletus	3	Biotuuletus	13
	Elektrokineettiset menetelmät	21	Elektrokineettiset menetelmät	4	Elektrokineettiset menetelmät	8
	Eristys	8	Eristys	1	Eristys	1
	Huokoskaasukäsittely	16	Huokoskaasukäsittely	3	Huokoskaasukäsittely	16
	Kemiallinen hapetus	21	Kemiallinen hapetus	6	Kemiallinen hapetus	10
	Luontainen biohajoaminen	20	Luontainen biohajoaminen	1	Luontainen biohajoaminen	20
	Maan huuhtelu	22	Maan huuhtelu	4	Maan huuhtelu	3
	Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	0
	Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	0
	Pohjaveden ilmastus	10	Pohjaveden ilmastus	1	Pohjaveden ilmastus	11
	Reaktiiviset seinämät	7	Reaktiiviset seinämät	9	Reaktiiviset seinämät	7
	Stabilointi	3	Stabilointi	7	Stabilointi	2
	Lupamenettelyn kesto		Tiedon puute / Kokemattomuus menetelmästä			
	Bioaugmentaatio	3	Bioaugmentaatio	15		
	Biostimulaatio	3	Biostimulaatio	12		
	Biotuuletus	2	Biotuuletus	9		
	Elektrokineettiset menetelmät	3	Elektrokineettiset menetelmät	24		
	Eristys	5	Eristys	1		
	Huokoskaasukäsittely	2	Huokoskaasukäsittely	1		
	Kemiallinen hapetus	6	Kemiallinen hapetus	13		
	Luontainen biohajoaminen	3	Luontainen biohajoaminen	5		
	Maan huuhtelu	5	Maan huuhtelu	15		
	Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä maalle, mikä?	0		
	Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	0	Muu in situ menetelmä pohjavedelle, mikä?	0		
	Pohjaveden ilmastus	2	Pohjaveden ilmastus	2		
	Reaktiiviset seinämät	5	Reaktiiviset seinämät	7		
	Stabilointi	2	Stabilointi	4		

EX SITU	Epävarmuus puhdistustuloksesta		Hinta		Kunnostuksen kesto	
	Bioaugmentaatio	13	Bioaugmentaatio	4	Bioaugmentaatio	9
	Biostimulaatio	13	Biostimulaatio	4	Biostimulaatio	9
	Biotuuletus	12	Biotuuletus	3	Biotuuletus	9
	Elektrokineettiset menetelmät	16	Elektrokineettiset menetelmät	5	Elektrokineettiset menetelmät	5
	Huokoskaasukäsittely	7	Huokoskaasukäsittely	5	Huokoskaasukäsittely	7
	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	6	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	2	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	0
	Kaatopaikkakäsittely	3	Kaatopaikkakäsittely	4	Kaatopaikkakäsittely	1
	Kemiallinen hapetus	15	Kemiallinen hapetus	4	Kemiallinen hapetus	6
	Kompostointi	5	Kompostointi	2	Kompostointi	13
	Maan pesu	10	Maan pesu	11	Maan pesu	2
	Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	0
	Pump & treat	7	Pump & treat	8	Pump & treat	13
	Stabilointi	1	Stabilointi	5	Stabilointi	1
	Termitiset menetelmät	2	Termitiset menetelmät	17	Termitiset menetelmät	1
	Lupamenettelyn kesto		Tiedon puute / Kokemattomuus menetelmästä			
	Bioaugmentaatio	1	Bioaugmentaatio	9		
	Biostimulaatio	1	Biostimulaatio	7		
	Biotuuletus	1	Biotuuletus	8		
	Elektrokineettiset menetelmät	3	Elektrokineettiset menetelmät	12		
	Huokoskaasukäsittely	1	Huokoskaasukäsittely	2		
	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	4	Hyötykäyttö ilman käsittelyä	0		
	Kaatopaikkakäsittely	0	Kaatopaikkakäsittely	0		
	Kemiallinen hapetus	2	Kemiallinen hapetus	9		
	Kompostointi	1	Kompostointi	0		
	Maan pesu	3	Maan pesu	1		
	Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	0	Muu ex situ menetelmä maalle, mikä?	0		
	Pump & treat	1	Pump & treat	2		
	Stabilointi	1	Stabilointi	0		
	Termitiset menetelmät	2	Termitiset menetelmät	0		

LIITE 10. Kysymyksen 6 (Mitä kunnostustekniikoita pidätte huonoina saastuneille kohteille? Miksi?) vastauksia graafisena



## Huonot ominaisuudet menetelmittäin (EX SITU)



LIITE 11. Kysymyksen 6, kohdan ”Huonona kunnostustekniikkana pidetty tekniikka ei sovellu kunnostuskohteisiin. Miksi?” -vastauksia

#### **Kemiallinen hapetus (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- maan epähomogeisuus suuri hättatekijä
- vaikea ulottaa maaperässä tasaisesti koko pilaantuneelle alueelle
- Hapettimen pitää levitä
- harvat maalajit...

#### **Huokoskaasukäsittely (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- Ei ole huono vaihtoehto, sopii vain haihtuville
- helposti haihtuville ..
- käytetty savikoilla huonoin tuloksin

#### **Elektrokinettiset menetelmät (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- en usko lainkaan.

#### **Biostimulaatio (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- vaikea ulottaa maaperässä tasaisesti koko pilaantuneelle alueelle
- epävarma , soveltuu hyvin harvoille

#### **Bioaugmentaatio (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- epävarma , soveltuu hyvin harvoille
- en näe tarvetta öljykohteissa

#### **Biotuuletus (*in situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat
- vain helposti haihtuvat
- Suomen ilmastossa epävarma

#### **Stabilointi (*in situ*)**

- Stabiloidun maan loppusijoittaminen hankalaa.
- Ei ole huono vaihtoehto, soveltuu vain osalle haitta-aineista
- Sopii vain pehmeille maille
- stabilointi ei poista ongelmaa, ainoastaan siirtää ongelmaa
- Ei öljykohteiden yhteydessä tarvetta

## **Eristys**

- Maankäytön rajoittuneisuus
- ei poista saasteita
- Ei ole huono vaihtoehto, soveltuu vain osalle haitta-aineista
- Voi haitata tulevaa maankäyttöä.
- jäte siirretään tulevaisuuteen.
- Ei öljykohteiden yhteydessä, estää luontaisen puhdistautumisen
- ei ole varsinainen kunnostusmenetelmä
- Ongelma vain väliaikaisesti hidettu

## **Maan huuhtelu**

- Maan vettyminen.
- Ei ole huono vaihtoehto, soveltuu vain osalle haitta-aineista
- pesu?? tuottaa jätettä ei tuhoa.
- ei ole varsinainen kunnostusmenetelmä

## **Luontainen biohajoaminen**

- uskon asia, soveltuu harvoille yhdisteille

## **Pohjaveden ilmastus**

- Ei ole huono vaihtoehto, soveltuu vain osalle haitta-aineista

## **Reaktiiviset seinämät**

- Voi haitata maankäyttöä.
- Hydrogeologisesti sopivia kohteita vähän

## **Kemiallinen hapetus (*ex situ*)**

- Vaatii allaskäsittelyn, joka hankala

## **Huokoskaasukäsittely (*ex situ*)**

- Maa-aineksen ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat

## **Biostimulaatio (*ex situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat

## **Bioaugmentaatio (*ex situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat

## **Biotuuletus (*ex situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat

### **Stabilointi (*ex situ*)**

- Maaperän ja haitta-aineiden ominaisuudet rajoittavat

### **Kompostointi**

- Ei sovi kaikille haitta-aineille/maalajeille
- Hidas, vain yhdisteet. Onko haihduttamista???
- ei ole varsinainen kunnostusmenetelmä

### **Maan pesu**

- Pestylle rejekti ei ole sijoituskelpoinen
- sopii tietyille maalajeille, mutta haitta-aineet poltettava

### **Kaatopaikkakäsittely**

- Jätelain hengen mukaisesti kaatopaikkasijoittamista tulisi vähentää
- Täysin moraalitonta
- ei tuke kestävää kehitystä

### **Hyötykäyttö ilman käsittelyä**

- Täysin moraalitonta
- ei tuke kestävä kehitystä

### **Pump & treat**

- On In-Situ -menetelmä

*... ja vielä muita syitä, miksi kyseisiä kunnostustekniikoita pidetään huonoina saastuneille kohteille...*

### **Elektrokineettiset menetelmät (*in situ*)**

- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?
- Elektrokineettinen menetelmä ei sovi kaikille maaperille. Menetelmää kehitetään parhaillaan ja tulokset ovat olleet lupaavia.

### **Biostimulaatio (*in situ*)**

- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?

### **Bioaugmentaatio (*in situ*)**

- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?

### **Biotuuletus (*in situ*)**

- esim. biokunnostuksen yhteydessä ok.



### **Elektrokinettiset menetelmät (*ex situ*)**

- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?

### **Biostimulaatio (*ex situ*)**

- Harvoin kilpailukykyinen kaatopaikkasijoitukseen verrattuna
- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?

### **Bioaugmentaatio (*ex situ*)**

- Harvoin kilpailukykyinen kaatopaikkasijoitukseen verrattuna
- Epäily, että toimiiko oikeasti muuallakin kuin laboratoriossa?

### **Kaatopaikkakäsittely**

- ei ole kunnostusmenetelmä
- todellinen hinta tulee olemaan iso

### **Hyötykäyttö ilman käsittelyä**

- ei ole kunnostusmenetelmä
- todellinen hinta tulee olemaan iso

**Mikä on mielestänne kustannustehokkain kunnostustekniikka Suomen olosuhteissa? (Vastaaajia: 38)**

- Ei voida yleistää, koska pitää ajatella kohdekohtaisesti
- kemiallinen hapetus
- EKO/GRID
- Hyötykäyttö (ilman erillistä käsittelyä)
- Täysin riippuvainen yhdisteestä, joka on pilaannut maaperän tai pohjaveden.
- loppusijoitus/hyötykäyttö jo maankäytöllisesti pilaantuneilla aluella
- Riippuu kohteesta ja pilaantumasta. Haihtuville, hyvin johtavissa maissa huokoskaasu käsittely on hyvä.
- Kompostointi
- Massanvaihto kohteessa ja kaatopaikkakäsittely (jos aikatekijä otetaan huomioon)
- Riippuu täysin kohteesta. Mikä tahansa voi olla kustannustehokkain oikeassa kohteessa oikein toteutettuna.
- Massanvaihto
- Vaihtelee kohteen mukaan.
- Mahdoton sanoa, ei yksittäinen tekniikka ole paras kaikkiin tapauksiin.
- Kaivu ja kuljetus
- Hyötykäyttö aina, kun kohde on soveltuva.
- Eristys silloin, kun viranomaisen sen hyväksyy
- Kaatopaikkakäsittely
- massanvaihto
- hyötykäyttö ilman käsittelyä, kaatopaikkakäsittely
- Monesti se on edelleen massanvaihto. In situ menetelmät voivat olla hyvä ja kustannustehokas vaihtoehto, mutta usein in- situ käytölle voi olla muita rajoitteita (ei saavuteta riittävää puhdistustulosta suunniteltuun maankäyttöön... aika ei riitä in situ kunnostamiseen, lupaviranomaisten epäily jne.)
- Hybridikunnostus, jossa yhdistetään massanvaihto ja hankalat/syvät pilaantumat in situ tekniikalla.
- Kaivu pois ja maa-aineksen sijoitus hyötykäyttöön tai loppusijoitukseen kaatopaikalle.
- Kustannus tehokkain keino olisi On situ menetelmät. Jos kohteen koko on tarpeeksi suuri. Hinta ja puhdistuksen nopeus sekä varmuus puhdistustuloksesta on omaa luokkaa.
- Öljyille kaivu ja kompostointi. Metalleille yleensä kaivu ja kp-sijoitus tms käsittely. VOC+öljyt biohuuhtelu jos toimii KP lievästi pilaantuneille.
- Riippuu maasta, haitta-aineista ja olosuhteista. Kun voidaan soveltaa, on biokunnosus kustannustehokkain.
- Kaatopaikkakäsittely tällä hetkellä (kaatopaikkakelpoisuus)
- Kaivu pienissä kohteissa, isommissa in-situ -tekniikat
- Kaatopaikkakäsittely
- massanvaihto
- Tämä on täysin kohderiippuvainen asia.
- kaivu ja kuljetus käsittelyyn
- Nykyisellään massanvaihto, siitä on kaikilla niin paljon kokemusta, ettei sitä oikein voi "sössiä".
- passiiviset seinämät
- Insitu ja massanvaihdon yhdistelmä. Riippuen tietenkin kohteesta, sen pilaantuneisuusasteesta ja laajuudesta.
- riippuu haitta-aineesta
- Massanvaihto ( valitettavasti)

- Riippuu kohteesta ja pilaantuneisuuden laajuudesta ja laadusta.
- Luontainen biohajoaminen

**Minkä tai millaisten kunnostustekniikoiden käyttöä tulisi Suomessa lisätä ja miksi? (Vastaaaja: 36)**

- In situ -tekniikoita, joilla olisi mahdollista päästä nopeisiin kunnostustuloksiin
- Tehokkaiden insitu
- Kaikilta osin kestävän kehityksen kriteerit täyttäviä In situ-menetelmiä
- In situ -menetelmiä, mutta niiden ongelmana hitaus erityisesti monissa kaupunkikohteissa, joissa rakentaminen tapahtuu nopeasti. Vähentäisi maan kuljetuksia kaatopaikalle ja puhtaan maan kuljetusta tilalle. Sekapilaantuneet maat ongelmallisia.
- Riskinarvioon perustuvia in situ menetelmiä
- Loppusijoitus keskitetysti, mikä ko haitta-ainetta ei pystytä kokonaan tuhoamaan. Näin koska jos vaan siirretään PIMA-maita paikasta toiseen maankäytön muuttuessa ongelma jälleen esissä uudelleen ja kustannukset maksetaan toiseen kertaan. Nimimerkki Pimamaista tehdyn kentän purkanut maankäytön muutoksen alta. Pitäisi keskittyä puhtaiden maiden hyötykäyttöön PIMA-maiden sijaan.
- Biologisten etenkin öljy yhdisteiden biohajoamiseen tähtäävät menetelmät. Kemiallinen hapetus.
- In situ-tekniikat
- Erilaisten biohajoamiseen perustuvien in-situ -tekniikoiden. Niiden avulla voitaisiin huolehtia kohteista, joissa täysimittaisen massanvaihdon tekeminen on liian haasteellista.
- In situ. Jätteen muodostumista tulisi välttää.
- Eristäminen
- In Situ kustannussyistä.
- In situ -tekniikoita ylipäänsä.
- In situ-tekniikoiden, koska jätteen määrää ja 'turhaan' kaivettavia maita tulisi vähentää.
- Hyötykäyttö.
- Sellaisten, jossa haitta-aineet hävitetään eikä vain siirretä paikasta toiseen tai eristetä joksikin aikaa
- Maan pesua tulisi lisätä, koska sillä säästetään neitseellisiä luonnonvaroja.
- insitu
- Tulisi jossain määrin enemmän hyväksyä seikka, että in situ kunnostuksella voidaan tehdä asioita ekologisesti ja kustannustehokkaastikin, mutta välttämättä ei saavuteta kaikilta osin täydellistä "nolla puhdasta" tasoa.
- Em. kunnostustöiden (hybridi)
- Kaikkien puhdistamiseen tähtäävien menetelmien käyttöä . Suomessa katsotaan ainoastaan hintaa , ei ollenkaan sitä siirretäänkö ongelma jollekin toiselle. ( Veronmaksajat tulevat vielä puhdistamaan ns kaatopaikkakäsittelyt massat.)
- In-situ käsittelyt yleensä. Hyötykäyttö kohteessa tai muualla.
- Biokunnostusta, koska sillä saadaan kustannussäästöä ja vähennetään ympäristöön kohdistuvia haittoja mm. kuljetuksien vähenemisellä.
- Paikalla tehtävät kunnostukset luotettavalla menetelmällä.
- Pohjaveden puhdistuksen in-situ -tekniikat
- Reaktiiviset seinämät ja vastaavat
- lievästi pilaantuneiden massojen hyötykäyttöä esimerkiksi stabiloimalla tai käyttämällä niitä eristetyissä rakenteissa
- Menetelmiä rajoittamatta tai suosimatta kohteeseen soveltuvin tekniikka.
- terminen käsittely, käsitellyn maan hyötykäyttö mahdollista kohteella; pohjaveden luontainen puhdistus, helppo ja halpa menetelmä
- In situ- tekniikoita pitäisi käyttää enemmän, mutta yleensä on kiire kohteen jatkokäytöllä.

- passiiviset seinämät pidättämään saasteiden leviämistä
- In situ tekniikoiden käyttöä ja tätä kautta menetelmien kehittämistä tulisi lisätä menetelmän egolokisuuden vuoksi. Elektrokineettistä menetelmää pitäisi kehittää tehokkaammaksi.
- in situ jos vaan olisi aikaa toteuttaa
- In-situ menetelmiä. Perinteinen massanvaihto vanhanaikaista ja kömpelöä.
- In-situ menetelmien käyttöä lisättävä niissä kohteissa joihin soveltuvat. Kustannustehokkuutta lisää.
- in situ tekniikoita

## **Mitkä tekijät vaikuttaisivat käytön lisäämiseen näiden tekniikoiden kohdalla? (Vastaaajia: 36)**

- Tiedon ja käyttökokemusten lisääntyminen, lisää kilpailua urakointiin
- Lupamenetelmien tasa-arvoistaminen ex situ ja in situ menetelmien välillä
- Koska menetelmät hitaita, pitäisi kunnostuksissa pystyä ennakoimaan puhdistustarve, mutta on usein hankalaa.
- Koulutus ja koetoiminta.
- Alueellinen stareginen suunnittelu ja ohjaus. tosin nykyinen strategia perustuu hyötykäyttöön, ei loppusijoitukseen.
- Viranomaisten ja konsulttien koulutus.
- Vahva näyttö toimivuudesta
- Joustavuus lupamenettelyssä.
- Viranomaiset ovat liian usein vastahakoisia uusille menetelmille ja lupaprosessi on usein aivan liian pitkä (Pahimmillaan in situ-menetelmän luvitus on kestänyt kolme vuotta ja toisessa kohteessa kahden vuoden prosessin jälkeen lupaa ei annettu. Ja näissä ei ollut kyse siitä, etteikö viranomaisille olisi annettu riittävästi tietoa. Molemmissa tapauksissa selvitettiin menetelmää ja siihen liittyviä asioita lukuisissa kokouksissa ja taustaselvityksissä). Myös konsultit voisivat lisätä tietotaitoaan ja ehdottaa enemmän vaihtoehtoja.
- Tekniikan valintaperusteet ovat useimmiten hinta ja nopeus (nopeus myös laskee hintaa).
- Riskinarviointi
- Riittävän pitkä aika työn toteutukselle.
- Nopeampi luvitusprosessi, maanomistajien (kunnat) ja viranomaisten suopeus tekniikoita kohtaan.
- Tunnettuus, nopeus, toimintavarmuus, se, että viranomainen tuntisi tekniikan ja se ei aiheuttaisi ympäristölupatarvetta.
- Ympäristöluvaviranomaisten resurssien lisääminen, mikä edestauttaa kaikkien tekniikoiden käyttöä.
- Pilaantuneen maan kaatopaikkasijoitukselle jätevero tai muu taloudellinen kannustin
- Viranomaisten suhtautumisen muuttuminen.
- kunnostustulos
- Katso edellinen vastaus.
- Viranomaisten tietotaso asiasta, lupamenettelyiden nopeutuminen
- Kaikissa uusissa tekniikoissa tärkeintä on varmuus puhdistustuloksesta. seuraavaksi tärkein kysymys ovat kustannukset.
- Jätevero puhdistamattomille maille kaatopaikalle viettäessä. Täytyisi kohdella kuin muitakin jätteitä. Tästä seuraisi puhdistusmenetelmien käyttöönotto laajasti..
- Tiedon ja kokemuksen lisääminen.
- Suunnittelijoiden tietouden lisääminen ja vilpiton halu käyttää asiakkaalle kustannustehokkainta menetelmää. Riskinarvion ammattitaitoinen hyödyntäminen kunnostustarpeen ja tavoitetasojen määrittelyssä. Urakoitsijoiden lukumäärän lisääntyminen ja olemassaolevien ammattitaidon hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa.

- Lainsäädäntö, kilpailu
- Hyvin järjestetyt ja dokumentoidut koetoimintahankkeet
- Mahdollisuus jättää maahan ilman jatkuvaa ympäristöluvan uusimista
- Paras soveltuvuus kohteeseen ja oikeaoppinen toteutus lisäävät menetelmien käyttöä ilman keinotekoisia tekijöitä.
- viranomaisten suopeampi suhtautuminen ja lupamenettelyn helpottaminen
- Jos tehtäisiin pilaantuneen maaperän kunnostus paremmalla aikataululla, eikä juuri ennen rakentamista, voitaisiin käyttää monipuolisemmin eri menetelmiä/tekniikoita.
- lisää kokemusta tekniikan käytöstä
- Maaperän puhdistuksen lopputulos ja ustannustehokkuus.
- jos rakentamisaikataulut ei olisi niin tiukkoja
- - Enemmän referenssejä, joitasyntyy tutkimusta lisäämällä. Vastuu ympäristöhallinnolla ja yliopistoilla. Nyt aika passiivista tällä saralla. In-situ menetelmiin ei aikataulu ja kunnostumisen onnistumisen johdosta ole helppo ryhtyä.
- Tiedon lisääminen. Viranomaisvaatimukset.
- enemmän tutkittuja kohteita-> lisää kokemuksia

## **Tarvitaanko eri kunnostustekniikoista lisää tietoa? Mistä tekniikoista?**

### **Millaista tietoa? (Vastajia 27)**

- Maailmalla on paljon kokemusta erilaisista tekniikoista, mutta tietoa on edelleenkin vähän sovellettu Suomen olosuhteisiin. Johtuu todennäköisesti kaatopaikkasijoittamisen sallivasta asenteesta sekä vielä toistaiseksi riittävistä neitseellisen maan varoista (ei välttämätöntä tarvetta maa-aineksne puhdistamiseen)
- Kyllä varmasti, myös kustannustietoa ja menetelmien sopivuudesta tiettyihin kohteisiin.
- Kaikista tarvitaan.
- Aina tarvitaan
- Kyllä. Käytännön toteutuksesta. Kemiallinen hapetus, biologiset.
- Käytännön kokemuksia
- Tarvitaan käytännön kokemuksia. Tietoa on kyllä saatavilla jos sitä vain vaivautuu hankkimaan.
- Kunnostuksen lopputuloksesta kyseisellä kunnostustekniikalla tarvitaan tietoa
- Kaikista jotka Suomen olosuhteessa toimivat. Kustannus, aikataulu, minkälaisissa maalajeissa toimivat.
- Biologisten menetelmien toimintavarmuudesta
- insitu
- Toki olisi hyvä, jos näistä kerättäisiin suomenkielistä teoretietoaakin. Tosiasiassa käytännön kokemusten perusteella kuitenkin vasta päästään näkemään, miten homma oikeasti toimi.
- Yleistä tietoa in situ tekniikoista, lupien saaminen melko hankalaa. Viranomaiset voisivat myös ehdottaa in situa kohteisiin joissa kunnostuskulut esim. massanvaihdoilla olisivat huomattavasti korkeammat.
- Kunnostusurakoilla on usein kiire, eli valitun tekniikan pitää näissä tapauksissa olla ns. idioottivarma ja toimiva ja sillä pitää päästä haluttuun puhdistustasoon tietyssä ajassa. In-situ menetelmät soveltuvat käyttöön silloin, kun kyse on hankalassa paikassa rakennetulla olueella olevista yhdisteistä, yhdisteitä voi puhdistaa in-situ 8maaperä ja yhdisteet sopivat) eikä kunnostuksella ole kiire.
- Laittakaa ensin Jätevero puhdistamattomille maille. Kyllä sen jälkeen puhdistustekniikoiden markkinointi tulee mielekkääksi. Joten erillistä kapanjointia ei tarvitse, ainoastaan mahdollisuuden kilpailla reilusti. Eikä kilpailtaisi ainoastaan sillä kuka on onnistunut saamaan härskeimmän luvan piilottaa ongelmia.

Biologisista menetelmistä tarvittaisiin koe- tai kokemustietoa Suomen olosuhteissa.

- Tieto leviää kun eri menetelmiä käytetään. Konsulteilla ei ole mahdollisuuttakaan hankkia massanvaihdosta poikkeavista kunnostusmenetelmistä detaljitietoa. Eivät ota myöskään vastuuta suunnitelmiensa mukaisen kunnostuksen kokonaishinnasta, joten urakoitsijat, jotka uskaltavat tarjota kiinteähintaisia kilpailukykyisiä tarjouksia, säilyvät pääosaajina jatkossakin. Urakoitsija voi tarjota KVR-urakoitsa kun hallitsee hommanssa. Ei kukaan urakoitsija kuitenkaan julkisesti avaa menetelmiensä yksityiskohtia kilpailuedun poistumisen uhkan vuoksi. Ulkomailta saaduista kokemuksista voisi joku taho kerätä julkista tietoa Suomessa halukkiden hyödynnettäviksi.
- In-situ-kunnostukset ovat jääneet taka-alalle Pima-asetuksen tultua voimaan
- Kyllä. Pohjaveden puhdistuksen in-situ-tekniikoista j aniiden toimivuudesta Suomen olosuhteissa.
- Biologisista puhdistusmenetelmistä tarvitaan lisää tietoa soveltuvuudesta erilaisiin haitta-aineisiin ja erilaisiin maalajeihin.
- Kotimainen tietämys on suunnittelijoilla ja urakoitsijoilla kattavaa.
- kaikista ja etenkin soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin
- Tietenkin tarvitaan, varsinkin "uusista" tai vähemmän käytetyistä tekniikoista. Tietoa tarvitaan ihan alkeista lähtien detaljikysymyksiin saakka.
- kaikista tekniikoista ja erityisesti kunnostuksen pohjaksi tehtävät saastumisen määrityksiä tulisi vakiinnuttaa
- Elektrokineettisen menetelmän prosessista ja sen aikaisesta aineiden käyttäytymisestä. Menetelmä pilkkoo välillisesti yhdyteitä ja voi muuttaa ne jopa haitallisemmiksi ja vesiliukoisemmiksi.
- kts edellinen
- Tietoa hyvin dokumentoiduista kunnostustapauksista. Ei vain mainospuheita, vaan tietoa tekiinkan teknisista asiasta ja miten puhdistus on seurattu.